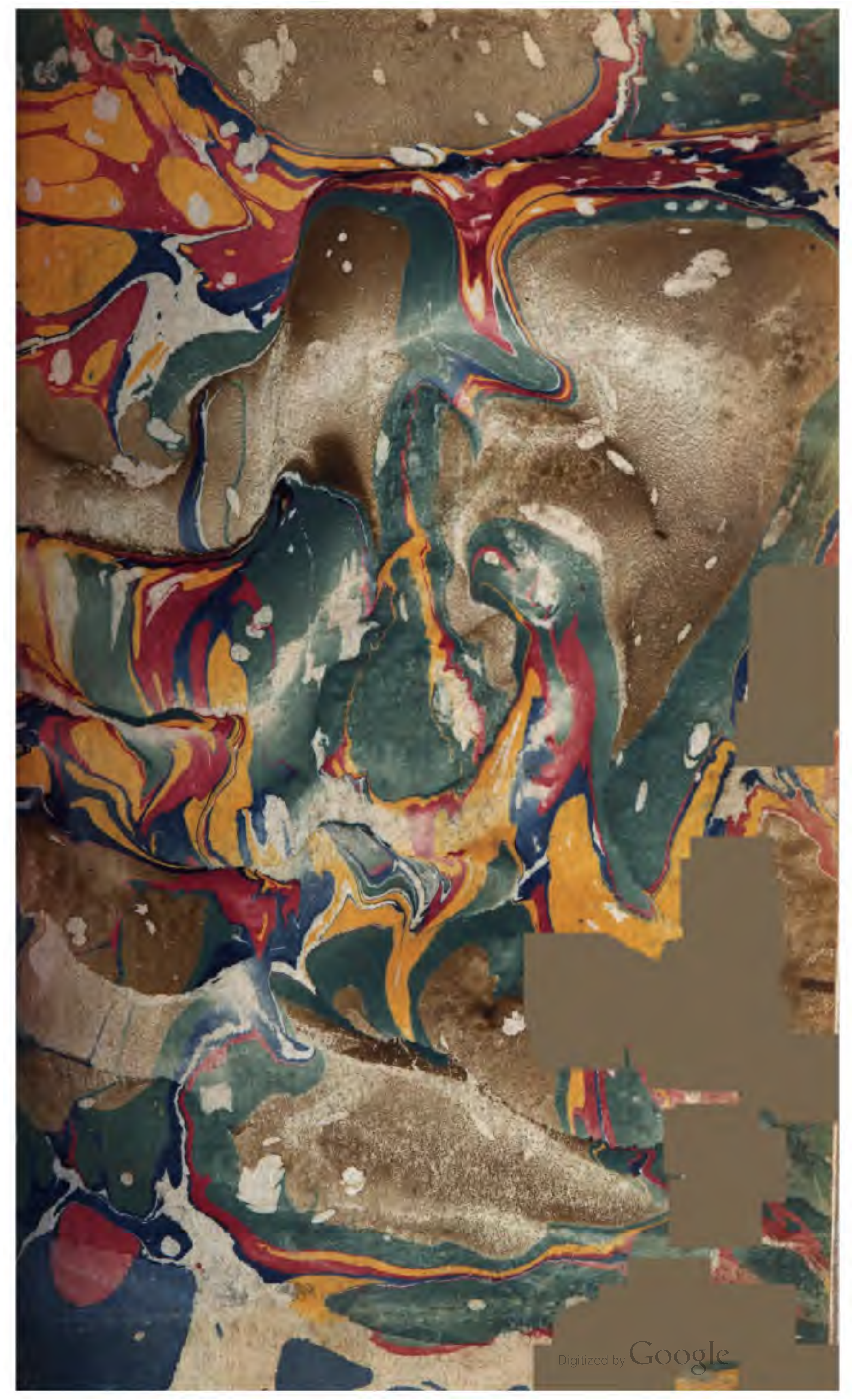



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
25509762


Digitized by Google



ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XXIII.



ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XXIII.



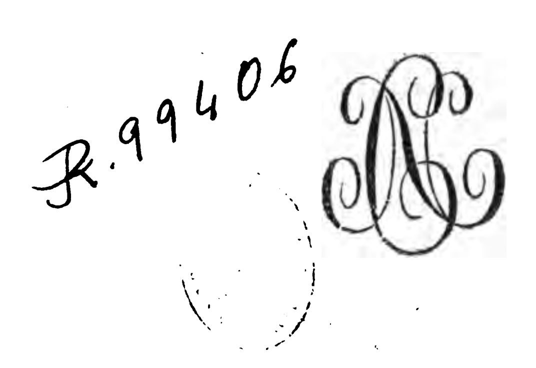
ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME VINGT-TROISIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, Cloître Saint-Benoît, n° 16, près la rue des Mathurins.

1823.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES
DE
CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

Sur *la Vitesse du son.*

Par M. Poisson.

La vitesse du son dans l'air, déduite de la formule que Newton a donnée pour l'exprimer, diffère, comme on sait, de la vitesse directement observée, laquelle surpasse la vitesse calculée d'un cinquième environ. Lorsque Lagrange, dans ses premières recherches sur la théorie du son, fut parvenu, par une analyse rigoureuse, à la même formule, il chercha naturellement à expliquer cette différence entre le calcul et l'observation. Son analyse était fondée sur deux suppositions : la petitesse des vibrations de l'air et la proportionnalité de sa force élastique à sa densité. Il prouva d'abord, contre l'opinion d'Euler, que l'étendue des vibrations n'influe pas sur la grandeur de la vitesse du son; ensuite il remarqua qu'on pouvait faire coïncider cette vitesse avec celle qui résulte de l'observation, en supposant que la force élastique croisse dans un plus grand rapport que la

densité ; mais il ne put donner aucune raison particulière de cet accroissement d'élasticité, qui n'est pas compris dans la loi générale de la compression de l'air. Il n'en est pas moins vrai que cet accroisement a réellement lieu pour l'air en mouvement : c'est à M. Laplace que nous devons d'en avoir assigné la véritable cause, et d'avoir ainsi complètement expliqué et fait disparaître la différence entre la formule de Newton et l'observation.

Cette cause est le dégagement de chaleur qui a toujours lieu pendant la compression de l'air, ou la production du froid qui accompagne sa dilatation. Il en résulte que pendant que l'air se comprime ou se dilate, sa température augmente ou diminue; sa force élastique varie donc, non-seulement à raison du changement de densité, mais aussi à raison de cette variation de température, et par conséquent dans un plus grand rapport que la densité : la loi de Mariotte, suivant laquelle, à température égale, la densité est proportionnelle à la pression, ne s'observe qu'après la compression ou la dilatation de l'air, et lorsqu'on a donné au fluide le temps de reprendre sa température primitive.

Dans mon Mémoire sur la théorie du son, qui fait partie du 14e Cahier du *Journal de l'Ecole Polytechnique,* j'ai eu égard aux variations de température qui accompagnent les vibrations de l'air : c'est d'après cette considération que j'ai déterminé la vitesse du son ; et, en la désignant par a, j'ai trouvé pour sa valeur :

$$a=\sqrt{\frac{gh}{D}\left(1+\frac{\alpha\omega}{(1+\alpha\theta)\gamma}\right)}; \qquad (1)$$

g représentant la gravité, h la hauteur barométrique,

D le rapport de la densité de l'air à celle du mercure, θ la température de l'air, ω l'augmentation de cette température correspondant à une condensation γ, assez petite pour que ω lui soit proportionnelle, enfin α étant le coefficient de la dilatation des gaz, en sorte qu'on aura $\alpha = 0{,}00375$, si θ et ω sont exprimées en degrés du thermomètre centigrade. A l'époque, déjà éloignée (en 1807), où j'ai écrit ce Mémoire, les physiciens n'avaient encore fait aucune expérience qui pût servir à déterminer ω : je renversai donc la question; et, en égalant l'expression de a à la vitesse du son observée, j'en déduisis la valeur de ω que je trouvai égale à un degré, pour une compression de $\frac{1}{116}$ à-peu-près. Depuis cette époque, MM. Clément et Desormes ont publié les résultats d'une expérience très-ingénieuse, d'où l'on peut conclure cette valeur; et ils ont remarqué que la température ω qui se déduit de leur expérience diffère peu de celle que j'avais trouvée (*). Mais on peut aussi éliminer cette inconnue ω, de la vitesse du son, et l'exprimer au moyen des données immédiates de l'expérience que nous citons.

Voici d'abord en quoi consiste cette expérience. Supposons qu'on ait une masse d'air contenue dans un vaisseau fermé, dont la pression, la densité et la température soient les mêmes qu'à l'extérieur et représentées par P, D et θ. On enlève une petite portion de cet air; et, après que l'air restant a repris sa température primitive, on désigne par P' et D' sa pression et sa densité. On rétablit ensuite la communication avec l'air exté-

(*) *Journal de Physique*, novembre 1819, page 334.

rieur : la pression, la densité et la température intérieures augmentent en même temps; de sorte qu'après un temps très-court, la pression intérieure est égale à la pression P qui a constamment lieu au dehors. A cet instant on interrompt la communication, et l'on indique par D'' et $\theta+\omega$ la densité et la température intérieures. Enfin cet accroissement ω de température se dissipe; et, sans que la densité D'' varie, la pression intérieure diminue et devient P''. Cela posé, on connaît la température θ; on a mesuré les trois pressions P, P', P'', ou les hauteurs barométriques qui leur correspondent; il s'agit d'en conclure l'accroissement de température ω, et de savoir à quel degré de condensation il répond.

Or, la densité de l'air a passé rapidement de D' à D'', et sa température a augmenté de ω : le temps de cette variation n'a pas été d'une demi-seconde dans l'expérience de MM. Clément et Desormes; si donc on fait abstraction de la chaleur absorbée pendant ce temps très-court, par le vaisseau dans lequel l'air est contenu, on pourra regarder ω comme étant l'accroissement entier de température dû à une condensation

$$\frac{D''-D'}{D'}.$$

Nous prendrons donc cette fraction pour la quantité γ, contenue dans l'équation (1); et, comme il y a deux époques dans l'expérience où les densités D' et D'' répondent à la même température θ et aux pressions données P' et P'', on aura :

$$\frac{D'}{D''}=\frac{P'}{P''};$$

la valeur de γ deviendra donc :

$$\gamma = \frac{P'' - P'}{P'} ; \quad (2)$$

en sorte que cette condensation sera connue. De plus, il y a aussi deux époques où la même densité D'' a lieu pour les températures $\theta + \omega$ et θ, et sous les pressions P et P'' ; on aura donc, d'après la loi connue des forces élastiques à densité égale :

$$\frac{P}{P''} = \frac{1 + \alpha(\theta + \omega)}{1 + \alpha\theta} ; \quad (3)$$

ce qui fera connaître l'accroissement de température ω, correspondant à la condensation γ.

On tire de ces deux dernières équations :

$$\frac{\alpha\,\omega}{(1 + \alpha\,\theta)\,\gamma} = \frac{(P - P'')\,P'}{(P'' - P')\,P''} ;$$

donc, en faisant, pour abréger,

$$1 + \frac{(P - P'')\,P'}{(P'' - P')\,P''} = k ,$$

l'équation (1) deviendra :

$$a = \sqrt{\frac{g\,h}{D}\,k} , \quad (4)$$

et la vitesse du son se trouvera, de cette manière, exprimée en fonction de quantités données. A cause que P'' diffère peu de P', la valeur de k pourrait être réduite à

$$k = 1 + \frac{P - P''}{P'' - P'} = \frac{P - P'}{P'' - P'} ;$$

mais, pour plus d'exactitude, il vaut mieux conserver la valeur précédente de cette quantité.

On peut remplacer les pressions P, P', P'', par les hauteurs barométriques qui leur servent de mesure. Cela étant, on avait, dans l'expérience de MM. Clément et Désormes :

$$P = 0^{m},7665 ;$$
$$P - P' = 0^{m},01381 ;$$
$$P - P'' = 0^{m},00361 ;$$

au moyen de quoi l'on trouve :

$$k = 1,3492.$$

On avait aussi $\theta = 12^{\circ},5$; à cette température, le rapport

$$\frac{h}{D}$$

a pour valeur $8327^{m},66$; et, si l'on prend la seconde sexagésimale pour unité, on a $g = 9^{m},8087$. Au moyen de ces valeurs, l'équation (4) donne, pour la vitesse du son :

$$a = 331^{m},97.$$

Les membres du Bureau des Longitudes ont trouvé cette vitesse égale à $340^{m},89$, à la température de $15^{\circ},9$, et l'hygromètre à cheveu marquant 72°. A raison de cette différence des températures et de l'humidité de l'air, cette seconde vitesse devrait surpasser la première de $2^{m},69$; elle la surpasse de $8^{m},92$; ainsi la vitesse calculée est trop petite de $6^{m},23$; ce qu'on peut attribuer aux erreurs de l'observation et des données du calcul (*).

(*) M. Laplace a réduit cette différence des deux vitesses à moitié, en calculant la valeur de k, d'après des expériences de MM. Gay-Lussac et Welter non encore publiées.

Dans l'expérience dont nous avons déduit la valeur de k, la condensation déterminée par l'équation (2) a été de 0,01355; l'équation (3) donne, pour l'accroissement correspondant de température :

$$\omega = 1^\circ,321.$$

Or, si l'on retranche $2^m,69$ de la vitesse du son observée, afin de la ramener à la température $12^\circ,5$, et au cas de la sécheresse absolue; qu'on l'égale ensuite à la valeur de a donnée par l'équation (1), et qu'on prenne $\gamma = 0,01355$, on en conclura :

$$\omega = 1^\circ,513;$$

ce qui excède la valeur précédente de $0^\circ,192$. En admettant donc l'exactitude parfaite de toutes les données du calcul et de la vitesse du son observée, il en faudra conclure que, dans l'expérience de MM. Clément et Desormes, le vase qui contenait l'air a absorbé, pendant la durée de la compression, une quantité de chaleur capable d'élever la température de la masse d'air, d'un peu moins d'un cinquième de degré. On atténuera cette cause inévitable d'erreur en augmentant la masse d'air, et diminuant, autant qu'il sera possible, la durée de sa compression et la faculté absorbante du vase.

M. Laplace a donné, pour exprimer la vitesse du son, une formule qui revient à l'équation (4), en y représentant par k le rapport de la chaleur spécifique de l'air sous une pression constante, à sa chaleur spécifique sous un volume constant, et conservant aux autres lettres leurs significations précédentes. Il a conclu ce résultat des hypothèses qu'il a faites pour expliquer la loi de Mariotte et celle de la dilatation des gaz; mais on peut

aussi déduire la nouvelle formule de M. Laplace, de l'équation (1) citée au commencement de cet article, laquelle est fondée sur ces mêmes lois regardées comme des données de l'expérience, ce qui la rend indépendante de toute explication particulière.

En effet, supposons que la condensation γ soit équivalente à celle que l'air éprouve lorsqu'on diminue un tant soit peu sa température sans changer la pression. Désignons cette petite variation de température par n, en sorte qu'on ait :

$$\gamma = \frac{\alpha n}{1 + \alpha \theta}; \quad (5)$$

θ étant la température primitive de l'air, et α le coefficient de la dilatation des gaz. L'équation (1) deviendra :

$$a = \sqrt{\frac{gh}{D}\left(1 + \frac{\omega}{n}\right)}.$$

Cela étant, appelons N la quantité de chaleur qu'il faudrait communiquer à une masse donnée d'air, pour élever sa température de $\theta - n$ à θ, la hauteur barométrique restant constante et égale à h. Supposons ensuite que l'on comprime subitement cet air, de manière à le ramener à son volume primitif : il éprouvera alors la condensation γ ; par conséquent sa température augmentera de ω, et deviendra $\theta + \omega$. Dans cet état, la hauteur barométrique sera plus grande que h ; mais, sans changer le volume, si on laisse la température s'abaisser jusqu'à $\theta - n$, cette hauteur s'abaissera aussi et redeviendra égale à h. Pendant cet abaissement, l'air perdra une quantité de chaleur qu'on pourra regarder comme pro-

portionnelle à la petite diminution $\omega+n$ de température, et qui sera exprimée par $c\,(\omega+n)$, en représentant par c la quantité de chaleur qu'il faut communiquer à la masse d'air sous un volume constant, pour élever sa température d'un degré. Le volume, la température et la pression étant redevenus, après cette perte de chaleur, les mêmes qu'ils étaient avant la dilatation de la masse d'air, il est nécessaire que la quantité de chaleur N qui lui avait été communiquée soit égale à celle qu'elle a perdue; on aura donc :

$$N=c\,(\omega+n);$$

d'où l'on tire :

$$\frac{N}{cn}=1+\frac{\omega}{n}.$$

Or, le *rapport*

$$\frac{N}{cn}$$

est évidemment celui des deux chaleurs spécifiques de l'air à la température θ, l'une sous une pression constante, et l'autre sous un volume constant; ce rapport étant donc représenté par k, on aura :

$$1+\frac{\omega}{n}=k,$$

et, par conséquent,

$$a=\sqrt{\frac{gh}{D}k};$$

ce qu'il s'agissait de démontrer.

Si l'on tire la valeur de n, de l'équation (5), et qu'on la substitue dans la valeur précédente de k, on en conclura ensuite :

$$\omega = (k - 1)\ (1 + \alpha\theta)\ \frac{\gamma}{\alpha}; \qquad (6)$$

formule qui fera connaître immédiatement l'accroissement de température ω, dû à une petite condensation γ, lorsque le rapport k des deux chaleurs spécifiques de l'air sera donné. On peut aussi mettre cette expression de ω sous la forme :

$$\omega = (k - 1)\ (266°,7 + \theta)\ \gamma,$$

en observant qu'on a

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{800°}{3} = 266°,7,$$

les températures étant comptées sur le thermomètre centigrade.

L'expérience peut seule nous apprendre comment le rapport k dépend de la température et de la densité de l'air; elle paraît indiquer qu'il est indépendant de ces deux élémens (*); admettons donc cette hypothèse, et considérons une masse d'air à la température zéro, dont la densité soit D, et qui soit contenue dans un vaisseau fermé imperméable à la chaleur. Si l'on comprime cet air, sa température et sa densité augmenteront; mais la quantité k restera constante. Supposons que la température et la densité soient devenues θ et ρ; pour une nouvelle condensation infiniment petite, on aura :

$$\omega = d\theta, \quad \gamma = \frac{d\rho}{\rho};$$

l'équation (6) donnera :

(*) *Mécanique céleste*, livre XII, page 127.

$$\frac{\alpha\, d\theta}{1+\alpha\theta}=(k-1)\,\frac{d\rho}{\rho};$$

d'où l'on tire en intégrant et déterminant la constante arbitraire :

$$1+\alpha\theta=\left(\frac{\rho}{D}\right)^{k-1},$$

ou, ce qui est la même chose,

$$\theta=(266^{\circ},7)\left\{\left(\frac{V}{v}\right)^{k-1}-1\right\},\qquad(7)$$

en appelant v et V les volumes de la masse d'air qui répondent aux densités ρ et D, et observant que $DV=\rho v$.

Cette formule met en évidence la loi suivant laquelle la température varie pendant la compression, tant que l'air n'éprouve aucune perte de chaleur. Pour exprimer la loi correspondante de la force élastique, représentons par P et p les pressions relatives aux densités D et ρ, et aux températures zéro et θ ; nous aurons :

$$p=\frac{\rho P}{D}(1+\alpha\theta),$$

et, par conséquent,

$$p=P\left(\frac{\rho}{D}\right)^{k},\qquad(8)$$

c'est-à-dire, que la force élastique de l'air croîtra pendant la compression sans perte de chaleur, comme la puissance k de la densité. Lagrange avait trouvé qu'on satisfait à la vitesse du son observée, en supposant l'élasticité de l'air proportionnelle à la puissance $\frac{4}{3}$ à-peu-près

de la densité (*) ; ce qui s'accorde, d'après la valeur de k, avec le résultat que nous énonçons.

Les formules (7) et (8) conviennent non-seulement à l'air, mais à tous les gaz, et même aux mélanges de gaz et de vapeur, pourvu que l'on n'étende pas la compression au-delà du point où la vapeur commence à se liquéfier : elles supposent seulement que le rapport k des deux chaleurs spécifiques soit invariable et donné pour chaque gaz ou mélange en particulier.

MÉMOIRE

SUR *les Causes des différences que l'on observe dans les savons, sous le rapport de leur degré de dureté ou de mollesse et sous celui de leur odeur ; et sur un nouveau groupe d'acides organiques.*

PAR M. CHEVREUL.

A la veille de publier un ouvrage spécial sur *les corps gras d'origine animale*, je vais soumettre au jugement de l'Académie le complément des recherches qui ont été le sujet de neuf Mémoires que je lui ai présentés successivement. Dans ce qui me reste à dire, je m'attacherai particulièrement à exposer plusieurs applications importantes à l'art du savonnier, dont mon travail est susceptible, et à faire voir que ces applications, loin de pouvoir être déduites de quelques expériences isolées,

(*) Tome II des anciens *Mémoires de Turin*, page 155.

exigeaient au contraire l'ensemble des nombreuses recherches qui m'ont occupé pendant onze ans.

Après avoir découvert l'acidité de la partie grasse des savons, j'ai vu que l'art du savonnier recevait de cette connaissance une précision qu'il n'avait pu avoir auparavant. En effet, les savons, une fois rangés parmi les sels, se trouvaient par là même des composés assujettis à des proportions fixes ; et dès-lors on a dû espérer qu'en en étudiant la fabrication sous ce point de vue avec les lumières de la science, on arriverait à la placer sur la même ligne que la fabrication de l'alun, du sulfate de fer, etc. Mais, pour y parvenir, il fallait déterminer les propriétés des corps gras avant la saponification, fixer la proportion des produits de cette opération, en déterminer toutes les circonstances essentielles ; et ces recherches faites sur une même sorte de corps gras, il fallait les répéter sur des corps de la même série. Telle est précisément la marche que j'ai suivie : maintenant je vais expliquer cette diversité de propriétés qu'on remarque dans les savons.

Les distinctions principales que l'on peut établir entre les savons sont celles qui s'offrent pour ainsi dire d'elles-mêmes à l'observation : quand on considère ces composés avec la plus légère attention, on voit qu'ils diffèrent, 1°. *par leur degré de dureté ou de mollesse ;* 2°. *par leur odeur.*

1re Section. *Des Savons considérés sous le rapport de leur degré de dureté ou de mollesse.*

On appelle *savons durs* ceux que l'on obtient en saponifiant l'huile d'olive, les graisses animales, par la soude, et *savons mous* ceux que l'on obtient en saponifiant par

la potasse les huiles de graines, d'amandes, ou les huiles animales.

Quand on cherche en quoi consistent les propriétés qu'ont les savons d'être *durs* ou *mous*, on trouve que ces propriétés dépendent de la manière dont ils agissent sur l'eau. En effet, les *savons durs* perdent la plus grande partie de leur *eau de fabrication* par l'exposition à l'air; et, quand ils l'ont perdue, ils ne se dissolvent que lentement dans l'eau froide et sans s'y délayer. Les *savons mous*, au contraire, ne peuvent jamais être séchés par leur exposition à l'air : ils retiennent plus ou moins d'eau qui les rend mous ou gélatineux; et si, après les avoir séchés au moyen de la chaleur, on les met dans l'eau froide, ils sont dissous par ce liquide, ou ils s'y délaient plus ou moins.

Si on cherche maintenant les causes qui font qu'un savon est plus ou moins soluble dans l'eau, on les trouvera, 1°. dans la *nature de la base alcaline;* 2°. dans celle *de la matière grasse* qui est *unie à cette base.* Examinons successivement l'influence de ces deux causes.

1. *Influence de la base alcaline.* Elle est démontrée par l'expérience suivante : que l'on saponifie le même corps gras par la potasse et par la soude, et l'on observera constamment que le savon de soude sera moins soluble dans l'eau froide que le savon de potasse.

2. *Influence de la matière grasse qui est unie à l'alcali.* Si la base alcaline seule avait de l'influence pour constituer les savons durs ou mous, il est évident que tous les corps saponifiés par la potasse donneraient des savons mous, tandis qu'ils en donneraient de durs quand ils le seraient par la soude. Or, c'est ce qui n'arrive pas;





car l'huile d'olives et surtout les graisses animales peu fusibles forment, avec la soude, des savons qui sont beaucoup plus durs que les savons d'huiles de graines et d'huiles animales à base de soude ; et, en second lieu, ces huiles forment, avec la potasse, des savons beaucoup plus mous que les savons d'huile d'olives et de graisses animales peu fusibles, à base de potasse. Mes recherches expliquent complètement ces résultats. Rappelons d'abord l'action de l'eau froide sur les savons, ou plutôt sur les sels que les acides stéarique, oléique et margarique forment (1) avec la soude et la potasse.

Le stéarate de soude peut être considéré comme le type des savons durs ; il ne paraît pas éprouver d'action de la part de dix fois son poids d'eau froide. Le stéarate de potasse produit un mucilage épais avec la même proportion d'eau froide.

L'oléate de soude est soluble dans dix fois son poids d'eau froide ; l'oléate de potasse forme une gelée avec le double de son poids d'eau, et une dissolution avec quatre fois son poids. Il est assez déliquescent pour que 100 p. absorbent, dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, 162 p. de ce liquide à la température de 12 degrés.

Les combinaisons de l'acide margarique avec la soude et la potasse ne diffèrent de celles de l'acide stéarique qu'en ce que l'eau exerce un peu plus d'action sur elles.

---

(1) J'appelle *acide stéarique* un acide qui a les plus grands rapports avec l'acide margarique, mais qui en diffère en ce qu'il ne se fond qu'à 70 degrés, et qu'il contient moins d'oxigène.

Les stéarates, les margarates et les oléates des mêmes bases peuvent s'unir ensemble en toutes sortes de proportions.

On explique très-bien les différences que présentent les savons sous le rapport de la solidité ou de la mollesse, avec ces notions, et les résultats suivans que l'analyse m'a donnés.

1°. Les savons de graisse humaine, d'huiles végétales, sont formés d'oléates et de margarates dont les proportions respectives sont très-variables; et l'on remarque en outre que les savons sont d'autant plus mous qu'ils contiennent plus d'oléate et conséquemment moins de margarate.

2°. Les savons de graisses de mouton, de bœuf et de porc, le savon de beurre, abstraction faite des sels odorans qu'ils peuvent contenir, sont formés non-seulement de margarate et d'oléate, comme les précédens, mais encore de stéarate; et l'on observe que leur dureté est d'autant plus grande que le stéarate est plus abondant relativement à l'oléate.

D'un autre côté, mes expériences ayant appris que ce sont principalement les stéarines qui donnent les acides stéarique et margarique, et l'oléine qui donne l'acide oléique, il s'ensuit 1°. que d'après la proportion de la stéarine à l'oléine contenues dans les graisses et les huiles saponifiables, proportion qu'on peut conclure du degré de fusibilité de ces substances, on peut prévoir le degré de dureté ou de mollesse des savons qu'elles produiront; 2° qu'il est possible d'imiter un *savon donné*, en prenant des stéarines et de l'oléine dans des proportions telles que les acides stéarique, margarique

et oléique qu'elles sont susceptibles de fournir par l'action des alcalis, soient entre eux dans le même rapport que celui où ces acides se trouvent dans le savon qu'on se propose d'imiter. Ainsi, en ajoutant à des huiles qui ne donneraient que des savons mous avec la soude, des corps abondans en stéarine, telles que la *cire* du *myrica gale*, une *substance* produite en abondance par un arbre d'Afrique, et qui m'a été remise par un savant voyageur anglais, on peut imiter le savon d'huile d'olives, qui ne diffère des savons d'huiles de graines qu'en ce qu'il contient moins d'acide oléique.

Il est évident que ces notions sont la base fondamentale de l'art du savonnier, et qu'elles lui donnent un degré de précision qu'il ne pouvait avoir tant qu'on a ignoré l'analyse de la partie grasse du savon en trois acides, et pourquoi les corps gras saponifiables produisent des savons durs ou des savons mous.

2e Section. *Des Savons considérés sous le rapport de l'odeur.*

Les savons sont ou *inodores*, comme ceux de graisse humaine, de graisse de porc, ou *odorans*, comme ceux de beurre, d'huile de dauphin, de suif. Les odeurs des savons sont dues à des principes absolument distincts des acides stéarique, margarique et oléique; car, en décomposant ces savons dissous dans l'eau par l'acide tartarique, en soumettant à la distillation les liquides aqueux filtrés, on obtient des produits qui ont absolument la même odeur que les savons d'où ils proviennent; et, en second lieu, en lavant suffisamment les acides

stéarique, margarique et oléique, on finit par amener ces acides à un tel état de pureté, qu'en les unissant à la potasse et à la soude ils forment des savons absolument inodores.

Les propriétés des principes odorans des savons sont assez importantes pour que j'en fasse connaître ici les principales. Un fait bien remarquable, c'est que tous jouissent d'une acidité très-forte; c'est qu'à cette propriété ils joignent celles qu'on a attribuées aux huiles volatiles; de sorte qu'on peut dire que ces acides forment un nouveau genre de corps, qui sont aux huiles volatiles ce que les acides stéarique, margarique et oléique sont aux huiles fixes.

Je nomme *acide phocénique* le principe odorant du savon des huiles de dauphin, *acide hircique* le principe odorant du savon de graisse de mouton, *acide butirique* le principe odorant auquel le savon de beurre de vache et le beurre lui-même doivent particulièrement l'odeur qui les caractérise; je dis particulièrement, parce que ces corps contiennent en outre deux autres acides que je nomme *caprique* et *caproïque*. Je ne décrirai point les procédés au moyen desquels j'ai obtenu les trois acides du beurre à l'état de pureté; cependant je remarquerai que la méthode que j'ai suivie, en donnant plus de précision à l'usage des dissolvans dans l'analyse en général, est de nature à exercer une heureuse influence sur les jeunes chimistes qui s'occupent d'analyse organique, en leur indiquant la marche qu'il faut suivre lorsqu'il s'agit de rechercher si une matière organique doit être considérée comme une espèce de principe immédiat ou comme une réunion de plusieurs espèces, et en les obligeant

en outre à entreprendre des essais que sans elle ils auraient pu négliger de faire.

Examen comparatif des acides du beurre, de l'acide phocénique et de l'acide hircique.

A l'état d'hydrate, les acides du beurre, l'acide phocénique, entrent en ébullition à une température plus élevée que celle de l'eau bouillante. Ils peuvent être distillés sans altération.

A 9 degrés au-dessous de zéro, les acides phocénique, butirique et caproïque sont liquides, tandis qu'à 15 degrés au-dessus de zéro l'acide caprique est sous la forme de petites aiguilles.

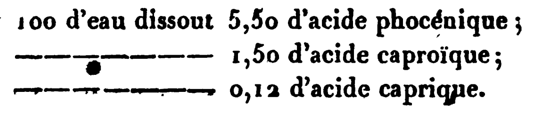
Tous ces acides sont incolores et plus ou moins odorans : l'acide butirique et l'acide phocénique ont une odeur aromatique beaucoup plus forte que celle des acides caproïque et caprique. Les odeurs des deux premiers se ressemblent un peu; mais il est impossible de les confondre quand on les a senties une fois. L'odeur de l'acide butirique concentré a de l'analogie avec celles du beurre fort et de l'acide acétique; mais quand la vapeur de l'acide est très-rare, elle affecte l'odorat de la même manière que le beurre. Les odeurs des acides caproïque et caprique ressemblent à celle de la sueur; mais l'acide caprique se distingue de l'acide caproïque par quelque chose qui rappelle l'odeur du bouc.

Tous ces acides ont une saveur brûlante et un arrière-goût sucré, comme celui des éthers nitrique et hydrochlorique.

A 25 degrés, la densité de l'acide butirique est de 0,9675, celle de l'acide phocénique de 0,932, celle de

l'acide caproïque de 0,923, celle de l'acide caprique de 0,910 à 18 degrés.

Ils diffèrent extrêmement sous le rapport de leur solubilité dans l'eau : l'acide butirique s'y dissout en toutes proportions, et la combinaison qui résulte de 2 parties d'acide contre 1 partie d'eau est plus dense que ce liquide. Les autres acides sont bien moins solubles.



100 d'eau dissout 5,50 d'acide phocénique ;
———————— 1,50 d'acide caproïque ;
———————— 0,12 d'acide caprique.

L'alcool dissout les quatre acides en toutes proportions ; et les dissolutions des acides butirique et phocénique ont une odeur éthérée de pomme de reinette, lors même qu'on ne peut y reconnaître de quantité sensible d'éther.

L'acide butirique s'unit à la graisse de porc, et lui communique le goût et l'odeur du beurre ; mais cette graisse aromatisée perd bientôt son odeur par son exposition à l'air.

Lorsqu'on unit ces acides avec le massicot, il se dégage une quantité d'eau inodore dont l'oxigène est égal à celui que les acides saturent dans les bases salifiables qui les neutralisent ; et cette quantité est égale au tiers de l'oxigène contenu dans les acides butirique, phocénique et caproïque.

La composition de ces trois acides est, en volume, de,

	Pour l'acide butirique.	l'acide phocénique.	l'acide caproïque.
Oxigène...	3.....	3.....	3.
Carbone...	8.....	10.....	12.
Hydrogène.	11.....	14.....	19.

Je ne puis m'empêcher de remarquer que si, au lieu des proportions 8 de carbone à 11 d'hydrogène, et de 12 de carbone à 19 d'hydrogène trouvées par l'expérience dans les acides butirique et caproïque, on admettait dans le premier 8 de carbone et 12 d'hydrogène, dans le second 12 de carbone et 18 d'hydrogène, le rapport de ces combustibles serait précisément le même que celui où ils se trouvent dans l'acide acétique; et l'oxigène de celui-ci étant 3, il serait 2 dans l'acide butirique et 1 dans l'acide caproïque.

Les sels formés par les acides du beurre et l'acide phocénique, à l'état humide, exhalent l'odeur propre à leur acide, surtout s'ils sont légèrement échauffés ou mis en contact avec l'acide carbonique. L'odeur des butirates est absolument celle du beurre frais. Les sels dont nous parlons, à l'état sec, sont inodores, même à 100 degrés.

La composition des sels est très-facile à déduire de la composition des acides qui les constituent : cependant, pour qu'on juge des grandes différences qui se trouvent entre les capacités de saturation de ces acides, je rapporterai la composition des sels de baryte.

100 d'acide butirique neutralisent	97,58 de baryte.
100 d'acide phocénique........	82,77
100 d'acide caproïque.........	72,41
100 d'acide caprique..........	56,45

100 p. d'eau à 20$^{d.}$ ont dissous...	100 p.	de phocénate de baryte.
————————	36	de butirate de baryte.
————————	8	de caproate de baryte.
————————	$0\frac{1}{2}$	de caprate de baryte.

Le phocénate de baryte cristallise en gros polyèdres qui paraissent être des octaèdres ; le butirate cristallise en longs prismes ; le caprate, en petits cristaux globuleux. Quoique dans cet extrait je me sois interdit de parler des faits particuliers, cependant je mentionnerai les suivans : 1°. si l'on prend de l'eau saturée de butirate de chaux à 15 degrés, et qui contient 17 p. de sel pour 100 p. d'eau, et qu'on l'expose à une température insuffisante pour la faire bouillir, elle se prend en une masse cristalline. Le butirate de chaux est donc, comme sa base, moins soluble à chaud qu'à froid ; mais il possède cette propriété à un degré si marqué, que je demande à l'Académie la permission de la lui démontrer par l'expérience. 2°. La solution de caproate de baryte évaporée spontanément à 30 degrés cristallise en aiguilles, tandis qu'elle cristallise en lames hexagonales si elle est évaporée dans une atmosphère à 18d.

L'acide hircique n'existe que dans une proportion si faible dans le savon de suif, que jusqu'ici je n'ai pu le soumettre à un aussi grand nombre d'épreuves que les précédens. Cependant j'ai constaté qu'il forme un hydrate peu soluble dans l'eau qui ne se congèle pas à zéro ; qu'il a l'odeur du bouc ; qu'il forme un sel peu soluble avec la baryte, tandis qu'il en produit un avec la potasse qui est déliquescent. C'est ce principe qui donne au bouillon de viande de mouton l'arome qui le distingue du bouillon de bœuf.

On n'aurait qu'une idée imparfaite de l'importance des acides que je viens de décrire si on se bornait à les considérer en eux-mêmes, sans les envisager sous le rapport de l'état de combinaison où se trouvent leurs

élémens dans la *butirine*, la *phocénine* et l'*hircine*, et sous celui des propriétés qu'ils impriment aux beurres, aux huiles et aux suifs qui contiennent ces substances.

La *butirine*, l'*hircine*, la *phocénine* ont, par leur composition, la plus grande analogie avec les éthers qu'on regarde comme des composés d'un acide et d'alcool. Dans ces deux classes de substances, il n'y a point d'acidité libre; mais l'équilibre des élémens est-il troublé soit par la force alcaline, soit par l'action de l'air et de la chaleur, l'acidité se manifeste. Ainsi la *butirine*, la *phocénine*, qui, à l'état de pureté, sont inodores, acquièrent, par leur exposition à l'air chaud, l'odeur forte qui est propre à leurs acides. Dans cet état elles rougissent le tournesol; et, si on les traite par la magnésie, on obtient du butirate et du phocénate de magnésie. C'est la fixité de la butirine et de la phocénine, ainsi que le peu de matière odorante qui est mise en liberté à la fois pendant l'exposition à l'air du beurre et de l'huile de dauphin, qui rendent ces dernières substances susceptibles d'exhaler de l'odeur pendant un temps assez long; car s'il ne se développait pas de matière odorante à mesure qu'il s'en évapore, le beurre et l'huile de dauphin auraient bientôt cessé d'être odorans par leur exposition à l'air, ainsi que cela arrive à cette sorte de *beurre artificiel* que l'on prépare en imprégnant l'axonge d'acide butirique.

Il n'est pas inutile de faire observer qu'avant mes recherches sur le beurre et l'huile de dauphin, on n'avait aucune idée précise sur la nature des principes odorans de ces substances, et que si on eût voulu la reconnaître par l'expérience dans une atmosphère im-

prégnée de ces mêmes principes, on n'y serait point parvenu à cause de la rareté de leurs vapeurs. Si on considère maintenant les émanations produites dans plusieurs circonstances par des matières organiques, qui rendent l'air auquel elles sont mêlées extrêmement nuisible à l'économie animale, et qui jusqu'ici n'ont pu être examinées à cause de la faible proportion où elles se trouvent dans l'atmosphère, il est permis d'espérer qu'un jour on saisira la matière de ces émanations dans les substances d'où elles s'exhalent, de même que les odeurs du beurre, de l'huile de dauphin ont été saisies dans ces substances même en quantité suffisante pour qu'on ait pu en constater la nature.

L'analyse chimique donne actuellement la raison des différences que présente le beurre de vache, sous le rapport du degré de fusibilité et de l'odeur. Suivant qu'il contient plus ou moins de stéarine relativement à l'oléine et à la butirine, il est plus ou moins fusible; suivant la proportion de la butirine, il a une odeur plus ou moins forte. Enfin, comme les acides odorans ne sont pas l'un à l'autre dans des proportions constantes, la nature de l'odeur est différente; ainsi les beurres qui contiennent, par rapport à l'acide butirique, plus d'acides caprique et caproïque, ont une odeur toute différente des beurres qui sont dans le cas contraire.

Le beurre de femme, d'après un examen assez léger que j'en ai fait, m'a paru contenir absolument les mêmes principes immédiats que le beurre de vache.

Le beurre de chèvre, outre ces mêmes principes, m'a paru contenir de l'acide hircique. Il est très-vrai-

semblable que l'odeur qui distingue le lait de la chèvre de celui de la vache provient de ce même acide.

L'analyse des beurres, telle que je l'ai donnée, était nécessaire pour connaître les principes immédiats des fromages du commerce ; car les odeurs si variées de ces matières sont dues principalement au développement des acides du beurre, et quand la fermentation est prolongée à l'altération de l'acide caprique. C'est surtout à cette dernière cause qu'il faut rapporter l'odeur du fromage de Roquefort ; et la preuve, c'est qu'un caprate humide ou une solution d'acide caprique qu'on abandonne dans un flacon qui contient de l'air exhalent absolument la même odeur.

Je ne prétends pas dire que toute l'odeur des fromages fermentés soit due aux acides du beurre, 1°. parce que, dans la fermentation des substances organiques azotées, il se développe un acide qui a une odeur analogue à celle de l'acide butirique, et que les fromages contenant du caséum, on a toute raison de croire que cet acide se trouve dans les fromages fermentés ; 2°. parce qu'il est bien probable que la stéarine et l'oléine peuvent devenir rances, et donnent lieu à la formation des deux produits que j'ai trouvés dans les graisses rances (1).

Enfin, l'odeur désagréable du cuir apprêté à l'huile de poisson est due à la décomposition de l'acide phocénique contenu dans cette huile ; car l'eau à laquelle on

---

(1) L'odeur rance de la graisse de porc, exposée au contact de l'oxigène est due au moins à deux matières : 1°. à une substance odorante tout-à-fait analogue à un des produits que les corps gras donnent quand on les distille avec le contact de l'air ; 2°. à une matière acide que, dans un premier travail,

a ajouté quelques gouttes de cet acide prend à la longue la même odeur.

En définitive, on voit, par les recherches que je viens d'exposer et par celles qui les ont précédées,

1°. Que la découverte d'un petit nombre d'espèces de corps gras susceptibles de s'unir ensemble en des proportions indéfinies explique les différences de fusibilité, d'odeur, de saveur, que présentent cette prodigieuse quantité de suifs, de graisses, de beurres et d'huiles que nous rencontrons dans les êtres organisés, en même temps qu'elle ramène aux lois des combinaisons définies une classe entière de matières qui semblaient s'y soustraire. Il est évident que la stéarine, l'oléine, la butirine, la phocénine, l'hircine, la *cétine*, sont aux suifs, aux graisses, aux beurres, aux huiles qu'elles constituent, ce que les métaux qui, comme l'étain et le plomb, l'étain et le cuivre, peuvent s'allier ensemble en proportions indéfinies, sont à leurs alliages.

2°. Que les espèces de corps gras que j'ai *établies* forment dans la chimie organique une classe nouvelle de substances qui présentent des groupes extrêmement distincts les uns des autres : ainsi nous avons des corps gras acides et des corps gras qui ne le sont pas. Parmi les premiers on trouve, 1°. les acides stéarique, margarique et oléique, qui, relativement à la manière dont ils se conduisent au feu, correspondent à l'acide benzoïque;

---

j'ai obtenue à l'état d'un hydrate peu soluble dans l'eau, et qui ressemblait à l'acide caproïque. Depuis j'ai cru reconnaître dans cette matière deux acides volatils distincts. Je compte rechercher si l'un d'eux est principalement produit par l'oléine; tandis que l'autre le serait par la stéarine.

2°. les acides volatils dont j'ai parlé dans ce Mémoire, qui correspondent à l'acide acétique. Parmi les corps gras non acides, il en est qui, comme la cholestérine et l'éthal, n'éprouvent aucune altération de la part des *alcalis* les plus puissans, tandis que d'autres espèces, comme les stéarines, l'oléine, la butirine, la phocénine, l'hircine, sont toutes converties sous l'influence alcaline en principe doux d'une part, et d'une autre part en acides gras fixes ou volatils; et il n'est pas impossible que ces dernières espèces soient constituées immédiatement par les mêmes acides et par du principe doux anhydre, faisant fonction de base. Quoi qu'il en soit, on ne peut se défendre de rapprocher les substances qui donnent des acides odorans par la saponification, du groupe des éthers qu'on regarde comme des composés d'acides et d'alcool. Il est très-probable que la *butirine* telle que je l'ai préparée, est une réunion de plusieurs espèces de principes immédiats, dont chacune est caractérisée par la propriété de se réduire sous l'influence alcaline en principe doux et en un seul acide volatil.

3°. Que les différences que les savons présentent relativement à la dureté et à la mollesse, et relativement à la propriété d'être inodores ou d'être odorans, sont expliquées. En analysant un plus grand nombre de savons que ceux qu'on prépare pour les besoins des arts, je les ai réduits à un petit nombre d'espèces de sels. J'ai fait voir que le type du savon dur est le stéarate de soude, tandis que le type du savon mou est l'oléate de potasse; que conséquemment un savon à base de soude est d'autant plus dur qu'il contient plus d'acide stéarique par rapport à l'acide oléique, tandis qu'un savon

à base de potasse est d'autant plus mou qu'il contient plus d'acide oléique relativement à l'acide stéarique ou margarique. Les odeurs variées de plusieurs sortes de savons sont dues à des principes tout-à-fait différens des acides stéarique, margarique et oléique, puisque ceux-ci peuvent être complètement isolés des premiers.

4°. Qu'on peut non-seulement frabriquer des savons plus durs ou plus mous que ceux qui sont dans le commerce, mais qu'on peut encore, en saponifiant des mélanges de stéarine et d'oléine provenant de corps gras extrêmement différens, imiter parfaitement le savon d'une matière grasse donnée, et j'ai déjà de bonnes raisons pour croire que l'industrie fera d'heureuses applications de ces découvertes.

Réponse *de M.* A. Fresnel *à la Lettre de M.* Poisson *insérée dans le tome* xxii *des* Annales, *page* 270.

Je vois avec plaisir, Monsieur, que l'hypothèse des vibrations lumineuses a depuis quelque temps acquis plus de probabilité à vos yeux. Vous me disiez, l'année dernière, qu'il était impossible de concilier les équations de la propagation de la chaleur dans les corps solides avec celles des mouvemens des fluides, et qu'en conséquence on ne pouvait pas admettre le système des ondulations pour la chaleur; ce qui conduisait aussi, par analogie, à le rejeter pour la lumière. Je convins de la justesse de cette dernière conséquence; mais les résultats analytiques que vous citiez ne me paraissaient point contraires à l'hypothèse des vibrations, parce que la pro-

pagation de la température des molécules d'un corps ne saurait être assimilée à un courant fluide ou à la propagation régulière des ondes dans un milieu élastique : ces molécules n'acquièrent, au contraire, une température propre, c'est-à-dire, des vibrations qui persistent après le passage de l'onde calorifique, qu'en raison de la portion de son mouvement qui ne s'est point propagée régulièrement. Mais ce n'est pas ici le lieu d'entamer cette discussion ; et si je vous rappelle ce que vous m'avez dit sur ce sujet, c'est seulement pour vous faire remarquer que vos opinions sur la nature de la lumière ont un peu changé ; puisque la fausseté de l'hypothèse des ondulations vous paraissait alors démontrée. Je ne doute pas que le succès de vos derniers efforts pour expliquer la loi de Descartes par la théorie des ondes n'ait beaucoup contribué à vous réconcilier avec cette théorie ; mais en me demandant ce qui avait soutenu votre persévérance dans la recherche du problème que vous vous étiez proposé, malgré les difficultés analytiques dont il était entouré, j'ai pensé que ce pouvait bien être les succès récens obtenus par les physiciens qui appliquent la théorie des ondes à la lumière, quelque inexacts que vous paraissent leurs raisonnemens.

A l'aide du seul principe de la composition des petits mouvemens, dont le principe des interférences est une conséquence, j'ai trouvé les lois générales de la diffraction, que la seule observation n'aurait pu découvrir. En convenant de l'exactitude de ces lois, vous rejetez les calculs qui m'y ont conduit, comme reposant sur des bases erronées ; c'est-à-dire, en un mot, que, selon vous, je suis arrivé à un résultat juste en raisonnant

faux. Avant d'abandonner une méthode qui m'a réussi dans plusieurs questions difficiles, il est juste que sa fausseté me soit bien prouvée ; et je ne trouve pas vos objections convaincantes.

Vous admettez le principe de la coexistence ou de la composition des petits mouvemens dans toute sa généralité ; ainsi je ne chercherai pas à le démontrer : je réserve la démonstration simple que je pourrais en donner, pour le cas où nous ne serions plus d'accord sur son interprétation. Vous convenez qu'on peut considérer chaque point d'une onde comme un centre d'ébranlement particulier, et le mouvement que l'onde primitive doit apporter dans un endroit quelconque, comme la résultante statique de tous les mouvemens élémentaires qui seraient envoyés en cet endroit par chaque centre d'ébranlement agissant isolément ; mais vous trouvez qu'au lieu de faciliter la solution du problème de la diffraction par cette considération, je complique inutilement la question, et que je m'appuie sur une supposition fausse, dans la combinaison de ces mouvemens élémentaires. Pour le prouver, vous suivez d'abord ma méthode dans ses conséquences, et vous cherchez à montrer qu'elle conduit à des absurdités ou à des résultats tout-à-fait improbables ; ensuite, par une attaque plus directe, vous renversez ou du moins vous croyez renverser l'hypothèse qui lui sert de base, et mettre ainsi au jour le vice du principe fondamental. Je me conformerai, dans ma réponse, à l'ordre que vous avez adopté dans vos objections.

La première conséquence que vous déduisez de mes formules ne me paraît pas aussi inconcevable qu'à vous.

C

Vous trouvez (page 274) que les vitesses absolues des molécules fluides, ou leurs amplitudes d'oscillation dans les ondes élémentaires, doivent être proportionnelles à l'élément de la surface de l'onde, *et en raison inverse de la longueur d'ondulation* λ; et vous ajoutez *qu'en y réfléchissant bien, vous ne trouvez aucune raison de cette dernière hypothèse.* Je vous ferai d'abord remarquer que ce n'est point *une nouvelle hypothèse* dont j'aie besoin pour établir mes formules, mais une conséquence de ces formules, et que, d'après la marche de démonstration à l'absurde que vous adoptez, c'est à vous de prouver la fausseté de cette conséquence, et non à moi d'en confirmer la justesse par une démonstration *à priori.* Je ne crois pas cependant qu'il me fût difficile de le faire; mais je craindrais par là de trop étendre cette lettre, dans laquelle il me faut répondre à des objections plus directes et plus pressantes. Je me contenterai donc de vous présenter ce théorême sous une autre forme, qui en fait concevoir plus aisément la raison.

Afin de fixer les idées, je prendrai pour ébranlement élémentaire dans l'onde primitive un petit parallélipipède rectangle dont la profondeur soit égale à la longueur d'ondulation, et les deux dimensions sur la surface de l'onde une très-petite fraction de cette longueur, le millième, par exemple : ce parallélipipède sera le sommet d'une pyramide infiniment étroite, qui représentera l'un des rayons partis de ce centre d'ébranlement. Comptons sur ce rayon un certain nombre d'ondes qui se succèdent, par exemple, cent, et terminons la pyramide à la centième onde. Faisons, dans le même milieu élastique, une construction semblable pour des ondes dont

la longueur serait moitié moindre, en donnant à la nouvelle pyramide la même ouverture angulaire qu'à la première, et prenant pour seconde échelle cette nouvelle longueur d'onde : nous aurons encore cent ondulations dans la longueur de la seconde pyramide, qui sera conséquemment la moitié de celle de la première. Si nous supposons que les vitesses absolues soient égales dans les sommets des deux pyramides, c'est-à-dire, que les amplitudes d'oscillation des molécules qu'ils renferment soient proportionnelles aux longueurs d'ondulation, il est aisé d'admettre qu'à l'autre extrémité des deux pyramides les excursions des molécules offriront encore le même rapport; car alors tout sera proportionnel dans les vibrations des deux rayons, les dimensions des ébranlemens, la longueur des pyramides et leur base, la longueur des ondes, l'intervalle de temps pendant lequel s'accomplit chaque oscillation, ainsi que les amplitudes de ces oscillations. Vous conviendrez que ce théorême, loin de sembler paradoxal, est celui qu'on admettrait le plus volontiers en pareil cas, si l'on devait répondre à cette question sans le secours de l'analyse : or, ce théorême est précisément le même que celui que vous avez déduit de mes formules. En effet, si vous doublez la longueur de la petite pyramide pour la rendre égale à celle de la grande, les vitesses absolues seront réduites à moitié dans sa nouvelle base; mais l'élément de la surface de l'onde génératrice qui forme le sommet de chaque pyramide a, dans la grande, une superficie quadruple de celle qu'il a dans la petite; il faut donc, pour les rendre égaux, quadrupler le sommet de celle-ci, ce qui quadruplera les vitesses

absolues à sa base ; en sorte que, pour la même longueur de rayon et la même étendue superficielle d'ébranlement, les vitesses absolues seront en définitive deux fois plus grandes dans les ondes deux fois plus courtes, c'est-à-dire, en raison inverse de la longueur des ondes.

Vous dites (pages 274 et 275) que si le point *P* était situé en-deçà de l'onde *AMF*, au lieu d'être au-delà, on pourrait y appliquer les mêmes raisonnemens, et qu'il résulterait de mes principes que l'onde *AMF*, même quand elle est complète, devrait produire du mouvement en-deçà comme au-delà de sa position. Je conviens que le principe de la composition des petits mouvemens doit s'appliquer à ce cas comme à celui que j'ai considéré ; mais si les élémens dans lesquels je conçois l'onde divisée ne peuvent pas envoyer de mouvement de ce côté, même en agissant isolément, il est clair que la résultante des ondes élémentaires sera nulle. Je ne vois donc pas qu'il résulte de mes principes qu'une onde doive produire des mouvemens retrogrades. Je suis surpris que vous me fassiez cette objection, surtout en relisant la page 262 du tome xi des *Annales* et la note que j'y ai jointe, dans lesquelles il me semble avoir assez clairement exprimé ma pensée. La seule chose que vous pouviez dire, c'est que je n'avais point expliqué par mes calculs pourquoi il n'y a pas de mouvement retrograde ; mais la raison toute simple en est que ce n'était pas l'objet de mes calculs.

Je ne conçois pas davantage l'objection que vous me faites à l'occasion des franges que vous supposez exister en-deçà de l'écran : on croit y voir des franges, en effet, lorsqu'on rapproche assez la loupe pour que

son foyer dépasse l'écran ; mais il n'en faut pas conclure que ces franges existent réellement au foyer de la loupe. Il est facile d'expliquer leur apparition, et même de calculer leurs largeurs et leurs intensités, sans supposer aucun mouvement rétrograde aux rayons lumineux.

Vous m'avez souvent reproché et vous me reprochez encore de ne tenir compte que des vitesses absolues des molécules dans le calcul des interférences, et de faire abstraction des condensations et des dilatations du fluide ; mais quand même on oublierait que les condensations et les dilatations sont toujours proportionnelles aux vitesses absolues des molécules, dans les ondes dérivées, si l'on démontre la destruction des premières sur une certaine étendue, on aura prouvé en même temps la destruction des autres, puisqu'il ne peut y avoir condensation ou dilatation qu'autant que les molécules se déplacent. Vous me répondiez à cela par l'exemple des concamérations que forment les ondes sonores dans les instrumens à vent, où certains points immobiles, appelés *nœuds*, sont alternativement condensés et dilatés ; mais il est clair qu'ils n'éprouvent ces condensations et dilatations qu'en raison du mouvement des points voisins, et qu'elles cesseraient si les molécules d'air restaient immobiles dans toute la longueur du tuyau ou seulement dans le voisinage de ces nœuds.

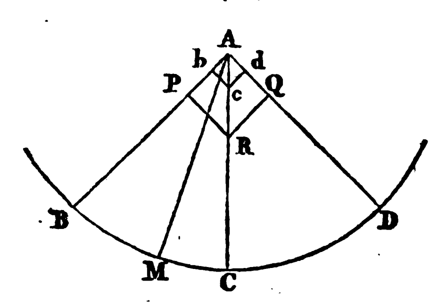
J'arrive enfin à l'objection directe et capitale par laquelle, si elle est fondée, vous renversez la base de tous mes calculs. Pour les faire, j'ai conclu de la loi générale de continuité que, dans les ondes élémentaires émanant des différens points de l'onde primitive, les vitesses

absolues des molécules ne variaient pas brusquement, mais graduellement autour de chaque centre d'ébranlement, en sorte qu'on pouvait les regarder comme sensiblement égales sur des rayons qui n'étaient séparés que par des angles très-petits. Vous objectez à cela que, d'après votre analyse, au contraire, les vitesses absolues ne sont sensibles que sur la direction de l'oscillation du centre d'ébranlement, et que, dès qu'on s'en écarte un peu, elles deviennent presque nulles : *C'est seulement de cette manière*, dites-vous (page 256), *que l'on peut concevoir, dans la théorie des ondulations, la propagation d'un filet isolé de lumière, dont les adversaires de cette théorie ont nié la possibilité, et dont ils ont fait un de leurs principaux argumens.* Je pourrais, à cette occasion, en empruntant vos propres expressions, *assurer que si cette théorie est la vérité, ce n'est certainement pas pour les raisons que vous en donnez*; car l'expérience ne s'accorde pas avec cette conséquence de votre analyse. Plus on rétrécit l'ouverture par laquelle on fait passer un filet de lumière, plus il se dilate, et plus s'élargit l'espace angulaire dans lequel il présente une intensité à-peu-près uniforme. Pour ceux qui ont observé avec attention ces phénomènes, il est évident, d'après toutes les analogies, que si l'on rétrécissait l'ouverture encore davantage, de manière, par exemple, que sa largeur n'excédât pas un millième de millimètre, l'étendue angulaire de l'espace éclairé par le pinceau lumineux serait encore beaucoup plus considérable, alors même que les bords de l'ouverture ne réfléchiraient aucune lumière. Mes expériences sur le passage de la lumière au travers d'un diaphragme très-étroit m'ont présenté d'assez grandes dilatations du

pinceau lumineux pour justifier, du moins dans les étendues angulaires que j'avais à considérer, la supposition qui a servi de base à mes calculs. Quand le diaphragme est large, au contraire, il y a une bien moindre proportion de lumière infléchie; le faisceau lumineux se propage en ligne droite sans éprouver de dilatation notable; c'est ce qu'on explique aisément à l'aide des principes que vous désapprouvez, et qui s'accordent encore sur ce point avec l'expérience.

Je ne connais pas l'analyse par laquelle vous êtes arrivé à ce singulier résultat, *que si l'ébranlement primitif a eu lieu dans un seul sens, s'il a consisté, par exemple, dans les vibrations d'une petite portion du fluide, le mouvement ne se propagera sensiblement que dans le sens de ces vibrations.* Mais si vous entendez par *une petite portion du fluide*, un élément différentiel (comme votre objection doit me le faire supposer), ou du moins un espace dont les dimensions perpendiculaires aux vibrations n'excèdent pas la longueur d'une demi-ondulation, je crois pouvoir assurer que, dans aucun fluide, l'expérience ne confirmerait ce résultat, et qu'un pareil ébranlement agiterait les molécules d'une manière sensible sur des rayons très-inclinés à la direction des vibrations primitives. C'est ce que je vais essayer de prouver par des raisons théoriques.

Je supposerai que le centre d'ébranlement a des dimensions très-petites relativement à la longueur d'ondulation, et que les molécules qu'il comprend exécutent des oscillations simultanées et parallèles. Soit *A* un des points matériels de ce centre d'ébranlement;



Il y a deux choses à considérer dans le mouvement de ce point : la vitesse dont il est animé, et son écartement de sa position d'équilibre. Soit AC la direction suivant laquelle il oscille ; ce sera en même temps celle des petits déplacemens qu'il éprouve. On peut toujours, en vertu du principe général des petits mouvemens, décomposer ces écarts, et les vitesses correspondantes, suivant deux autres directions AB et AD, d'après la règle du parallélogramme des forces. Ainsi, par exemple, Ac étant la quantité dont le point A a été déplacé, si l'on mène les lignes cb et cd parallèles aux directions AD et AB, les longueurs Ab et Ad sont celles dont il faudrait supposer que la molécule A a été déplacée suivant les directions AB et AD, pour que les mouvemens qui seraient produits dans le fluide par chacun de ces dérangemens considéré séparément, reproduisissent par leur réunion les mouvemens résultant du déplacement unique Ac. Et de même, si AR représente la vitesse dont la molécule A est animée à l'instant que l'on considère, les composantes AP et AQ de cette vitesse sont celles qu'il faudrait appliquer successivement au point A suivant les directions AB et AD, pour que la réunion des effets produits séparément par

chacune de ces deux impulsions reproduisît l'effet qui résulte de la vitesse *AR*. Cela posé, considérons les ondes excitées par les vitesses absolues imprimées au point matériel *A*; il sera facile de voir que les mêmes raisonnemens pourront s'appliquer aux mouvemens du fluide qui résultent des déplacemens de *A*. J'admettrai ici le mode de propagation que vous avez considéré dans vos calculs et ses conséquences, c'est-à-dire que je supposerai les vibrations des ondes perpendiculaires à leur surface, les raisonnemens qui m'ont servi à calculer les lois de la diffraction devant s'appliquer aussi-bien à ce genre de vibration qu'à celui par lequel je m'explique maintenant les diverses propriétés de la lumière.

Nous ignorons jusqu'à présent suivant quelle loi les vitesses absolues des molécules situées sur la surface de l'onde *BCD* résultant de la vitesse *AR* imprimée à la molécule *A*, varieront d'un point à l'autre de cette surface, à mesure qu'on s'écartera du rayon *AC*, qui coïncide avec la direction de l'impulsion initiale; mais il est clair, 1°. que ces variations seront symétriques de part et d'autre du rayon *AC*; 2°. que la loi à laquelle elles seront assujetties sera aussi celle que les vitesses absolues résultant de l'impulsion *AP* suivraient de part et d'autre de *AB*, et les vitesses absolues envoyées par l'impulsion *AQ*, de part et d'autre de *AD*; 3°. enfin, que sur la direction de chaque impulsion, la vitesse absolue apportée par l'onde qu'elle produit, est proportionnelle à l'énergie de la vitesse initiale; ceci est une conséquence immédiate du principe des petits mouvemens. Si donc nous prenons pour unité la vitesse

absolue apportée en C par l'onde à laquelle l'impulsion AR a donné naissance,

$$\frac{AP}{AR}$$

sera la vitesse qu'apporterait en B l'onde résultant de l'impulsion AP, et

$$\frac{AQ}{AR}$$

la vitesse absolue que l'impulsion AQ enverrait en D. Supposons, pour simplifier le calcul, que les angles BAC et CAD soient égaux, et représentons-les chacun par a; BAD sera égal à $2a$, et l'on aura :

$$\frac{AP}{AR} = \frac{AQ}{AR} = \frac{\sin. a}{\sin. 2a} = \frac{1}{2 \cos. a};$$

ainsi, les vitesses absolues que les deux impulsions AP et AQ enverraient respectivement en B et en D seraient égales à

$$\frac{1}{2 \cos. a}.$$

Cela posé, soit M un point quelconque de la même onde BCD; appelons x l'angle MAC; la vitesse absolue envoyée en M par l'impulsion AR sera égale à la vitesse envoyée en C, que nous avons prise pour unité, multipliée par une certaine fonction de l'angle CAM ou x, que je représenterai par Ψx. La vitesse absolue qui serait apportée au point M par l'onde résultant de l'impulsion AP serait égale à la vitesse absolue que cette onde apporterait en B, c'est-à-dire, à

$$\frac{1}{2 \cos. a},$$

multipliant une fonction pareille de l'angle *BAM* ou de $a-x$; ainsi, la vitesse produite en *M* par l'impulsion *AP* serait :

$$\frac{\Psi(a-x)}{2\cos. a},$$

et celle que l'impulsion *AQ* enverrait au même point,

$$\frac{\Psi(a+x)}{2\cos. a}:$$

or, ces vitesses absolues devant être normales à la surface de l'onde, d'après votre analyse, il suffit de les ajouter pour avoir leur résultante

$$\frac{\Psi(a-x)+\Psi(a+x)}{2\cos. a},$$

quantité qui doit être égale à Ψx, vitesse absolue produite par l'impulsion *AR*. Cette équation, étant générale, a lieu encore quand x devient nul, c'est-à-dire, quand le point *M* se confond avec le point *C*, auquel cas $\Psi x = 1$; on a donc alors :

$$\frac{\Psi a+\Psi a}{2\cos. a}=1, \text{ ou } \frac{\Psi a}{\cos. a}=1;$$

c'est-à-dire enfin, que $\Psi a = \cos. a$; ce qui détermine la forme de la fonction Ψ (puisque a peut avoir une valeur quelconque), et nous apprend qu'à partir du rayon dirigé suivant l'impulsion primitive, les vitesses absolues décroissent proportionnellement au cosinus de l'angle que les autres rayons font avec cette direction. Le même raisonnement, appliqué aux autres molécules comprises dans l'ébranlement initial, nous conduirait à la même

conséquence : or, puisque leurs oscillations sont aussi, par hypothèse, parallèles à la direction *AC* (1), les vitesses absolues que chacune d'elles imprimera aux divers points de l'onde qui en émane, seront encore proportionnelles aux cosinus des angles que les rayons passant par ces points font avec la direction *AC*; de plus, la partie du fluide ébranlée ayant très-peu d'étendue, les ondes envoyées par les différentes molécules qu'elle comprend se confondront sensiblement en une seule onde *BCD*; et la distance entre les molécules extrêmes étant très-petite relativement à la longueur d'ondulation, les vitesses absolues qu'elles enverront simultanément en

(1) J'ai supposé que, dans l'onde dérivée dont je prends ici un *élément* pour le considérer comme centre d'ébranlement, *les points* matériels qui composent cet élément oscillaient tous parallèlement au mouvement général de la tranche de l'onde dont ils font partie. Mais quand même plusieurs d'entr'eux auraient des mouvemens obliques, on arriverait encore au même résultat, parce qu'en décomposant ces petits déplacemens obliques parallèlement et perpendiculairement au rayon, on aurait autant de composantes dirigées de droite à gauche que de composantes agissant de gauche à droite, lesquelles devraient en outre être égales de part et d'autre, d'après la supposition que le centre de gravité de chaque élément différentiel de l'onde primitive se meut parallèlement au rayon : ainsi, les ondes élémentaires résultant des petits mouvemens des points matériels du centre d'ébranlement, perpendiculairement au rayon, se détruiraient mutuellement, et il ne resterait que les ondes élémentaires produites par les composantes parallèles au rayon.

un point quelconque de l'onde *BCD* répondront sensiblement à la même époque de leur oscillation. On voit donc qu'en ajoutant ces vitesses absolues pour avoir l'effet total de l'ébranlement, les résultantes, en chaque point *M* de l'onde seront proportionnelles au cosinus de l'angle *MAC* que le rayon *AM* fait avec la direction *AC* des vibrations initiales : il en serait de même dans l'onde occasionée par les simples déplacemens des divers points matériels du centre d'ébranlement. Ainsi, les vitesses absolues de chaque point *M* de l'onde totale décroîtront d'abord très-lentement, à partir de la direction *AC*, et seront sensiblement égales à celle qui répond au rayon *AC*, tant que le rayon *AM* ne s'en écartera que d'un petit angle. Ce théorême, si opposé à celui que vous annoncez avoir déduit de votre analyse, n'aurait pas seulement l'avantage de répondre à votre objection, mais fournirait encore un moyen de calcul pour résoudre les problèmes de la diffraction dans des cas plus généraux et plus difficiles que ceux dont je m'étais occupé. Lorsque je connaîtrai l'analyse par laquelle vous êtes arrivé au résultat que vous annoncez, peut-être pourrai-je m'expliquer à quoi tient cette opposition entre votre calcul et la conséquence que je viens de tirer du principe de la coexistence des petits mouvemens, dont vous admettez aussi la généralité.

Le raisonnement ci-dessus n'est applicable que dans le cas où l'ébranlement a très-peu d'étendue relativement à la longueur d'ondulation. Si ses dimensions perpendiculaires à la direction des rayons contenaient au contraire un grand nombre de fois cette longueur, on pourrait dire des ébranlemens infiniment petits dans lesquels

on le diviserait par la pensée ce qui vient d'être dit pour un ébranlement très-peu étendu : mais, par l'effet des interférences des ondes élémentaires émanant de tous ces centres d'ébranlement, leur réunion, au lieu de produire un cône lumineux d'une grande ouverture angulaire et dont les rayons varieraient d'intensité proportionnellement au cosinus de leur inclinaison, donnerait un faisceau de rayons sensiblement parallèles (si la surface de l'ébranlement est plane), et qui diminueraient brusquement d'intensité dès qu'ils s'écarteraient un peu de la direction de l'impulsion primitive. Ce résultat, conforme à l'expérience, est une conséquence immédiate des formules par lesquelles j'ai représenté les phénomènes de la diffraction.

Vous objecterez peut-être encore au raisonnement que je viens de faire pour le cas d'un petit ébranlement, qu'il établirait l'existence de rayons d'une égale intensité en sens opposé, lors même que l'ébranlement initial ferait partie d'une onde dérivée; mais je répondrai, comme je l'ai déjà fait, que ce n'est point une conséquence du principe sur lequel je m'appuie. En effet, j'arrive à cette loi du cosinus, en considérant séparément l'onde produite par les vitesses imprimées aux molécules comprises dans le centre d'ébranlement, et celle qui résulte de leurs simples déplacemens, puis en les ajoutant ensemble : or, quand ces deux ondes poussent le fluide dans le même sens, elles se fortifient mutuellement par leur superposition; et, si les intensités des divers points de la surface suivent la loi du cosinus dans l'une et dans l'autre, cette même loi aura encore lieu dans l'onde résultant de leur réunion. Si elles tendent à pousser les

molécules du fluide en sens opposés, les vitesses absolues qu'elles apportent se retranchent et peuvent même se détruire mutuellement, dans le cas où elles sont égales; c'est ce qui a lieu pour les ondes rétrogrades, lorsque le centre d'ébranlement a la constitution particulière des ondes dérivées. Que l'on considère, par exemple, un élément d'une pareille onde au moment où ses molécules sont poussées en avant, c'est-à-dire, dans le sens de la propagation de l'onde dérivée : on sait qu'alors ce mouvement en avant est accompagné d'une condensation, c'est-à-dire, d'un rapprochement des molécules; si les molécules n'étaient que déplacées et d'ailleurs sans vitesse au même instant, il résulterait de leur rapprochement une force expansive qui pousserait le fluide en arrière comme en avant, et produirait ainsi une onde rétrograde semblable à celle qu'elle exciterait en avant, mais dans laquelle les vitesses absolues seraient de signe contraire; si, d'un autre côté, les molécules se trouvaient dans leurs positions d'équilibre au moment où l'on considère l'ébranlement, et recevaient seulement à cet instant les vitesses qui les poussent en avant, il en résulterait encore une onde en arrière, comme une onde en avant, puisque ces molécules seraient suivies par celles qui sont derrière, et ainsi de proche en proche; l'onde rétrograde serait encore de même intensité que l'onde qui se propagerait en avant, et elle déplacerait les molécules du fluide dans le même sens; mais l'onde rétrograde résultant de la simple condensation les pousse en sens contraire. Ces deux mouvemens se retrancheront donc l'un de l'autre dans les ondes rétrogrades dues à la condensation et aux vitesses des

molécules, tandis qu'ils s'ajouteront dans les deux ondes qui se propagent en avant; si donc ces deux causes tendent à produire des effets égaux, comme cela a lieu dans le cas particulier des ondes dérivées, les ondes rétrogrades s'effaceront mutuellement, et les vibrations ne pourront se propager que dans le sens de la marche de l'onde dérivée. Vous voyez, Monsieur, que la manière dont j'applique le principe général des petits mouvemens, loin d'être en opposition avec cette propriété des ondes dérivées, en présente au contraire une explication très-claire.

Je crois avoir justifié, par ce qui précède, les raisonnemens sur lesquels repose ma théorie de la diffraction. Lorsque vous aurez résolu les mêmes problèmes par l'analyse beaucoup plus savante que vous employez, j'ose annoncer que vous trouverez les mêmes lois : alors vous ne les regarderez plus seulement comme des vérités de fait, mais comme des conséquences exactes de la théorie des ondes. Peut-être direz-vous encore que je suis arrivé à des résultats justes en raisonnant faux. Au reste, si cette mauvaise manière de raisonner me conduit à des vérités nouvelles, comme je l'espère, elle m'aura procuré tous les avantages qu'on peut retirer des bonnes méthodes, la facilité des découvertes et l'exactitude des résultats.

Dans une seconde lettre, je me propose de répondre aux objections que vous me faites sur mon explication de la réfraction, et de discuter l'hypothèse que vous avez adoptée touchant la nature des ondes lumineuses.

EXAMEN *du Sang et de son action dans les divers phénomènes de la vie.*

PAR J.-L. PREVOST, M. D. et J.-A. DUMAS.

L'OBSERVATION microscopique du sang nous a prouvé, comme nous l'avons exposé précédemment, que ce liquide pendant la vie n'était autre chose que du sérum, tenant en suspension de petits corpuscules réguliers et insolubles. Nous avons vu que ceux-ci se trouvaient constamment composés d'un sphéroïde central, incolore; et d'une espèce de sac membraneux, coloré en rouge, entourant le sphéroïde, dont il se sépare aisément après la mort.

Le corps central est blanc, transparent, d'une forme sphérique dans les animaux à particules circulaires; de forme ovoïde dans ceux à particules elliptiques. Son diamètre est constant dans les premiers, mais il varie très-sensiblement dans le second. Il manifeste d'ailleurs toujours une grande propension à former des agrégats ou des rangées en manière de chapelet.

La partie colorée paraît être une espèce de gelée facile à diviser, mais insoluble dans l'eau, dont elle peut toujours se séparer par le repos. Elle est transparente aussi, mais beaucoup moins que le corpuscule du centre; et les fragmens qui résultent de sa division ne sont pas susceptibles d'agrégation régulière.

Il résulte des propriétés de ces deux substances que lorsqu'on a tiré du sang et qu'on l'a abandonné à lui-même, il arrive divers phénomènes très-singuliers en apparence et pourtant faciles à concevoir.

En effet, l'attraction qui maintient la substance rouge fixée autour des globules blancs ayant cessé en même temps que le mouvement du liquide, ceux-ci peuvent obéir à la force qui tend à les réunir et former un réseau dans les mailles duquel se trouve renfermée la matière colorante libérée, et une grande quantité de particules échappées à cette décomposition spontanée. Cette masse, connue sous le nom de *caillot*, laisse transsuder peu à peu, comme au travers d'un filtre serré, le liquide qu'elle avait emprisonné dans l'instant de sa solidification, et s'affaisse en raison de son poids. Elle ne subit d'ailleurs aucun autre changement tant qu'on n'apporte aucune altération à sa texture ; mais si on la déchire et qu'on la soumette à l'action d'un courant d'eau pure, celle-ci s'empare de la matière colorante libérée et des particules intactes, tandis que l'agrégat formé par les globules blancs reste sur le linge ou le tamis, sous la forme de filamens dans lesquels le microscope retrouve l'aspect et la structure de la fibre musculaire, et que les chimistes connaissent sous le nom expressif de *fibrine*.

Telle est la manière dont s'opère la distribution des matériaux du sang; et nous avons répété nos observations à tant de reprises depuis deux années, que nous ne conservons pas le moindre doute à cet égard. Elle explique parfaitement l'inutilité des tentatives faites pour isoler la matière colorante, et donne presque la certitude qu'on ne pourra jamais y parvenir.

Trois substances animales doivent donc fixer notre attention dans l'étude chimique du sang; ce sont, l'albumine du sérum, le globule blanc, et la matière co-

lorante qui enveloppe celui-ci. Nous allons les étudier successivement, et nous le ferons bien plus dans l'intention de réduire leurs caractères chimiques à des termes généraux que dans l'espoir de leur trouver des propriétés nouvelles. M. Berzelius, dans ses recherches aussi exactes que savantes, n'a rien laissé à faire à cet égard.

Le blanc d'œuf et le sérum du sang nous offrent tous les deux l'albumine en grande abondance et dans un état de pureté presque complète. Lorsqu'on desire en avoir de très-pure, il convient peut-être de préférer le sérum de bœuf ou de mouton au blanc d'œuf, qui renferme toujours quelques légers flocons membraneux différens de l'albumine.

La coagulation de ce singulier corps, à l'aide de la chaleur, est un phénomène tellement caractéristique, et la cause en est si difficile à saisir, que nous avons cru devoir, faute de mieux, préciser toutes les circonstances qui l'accompagnent. On a placé sur une lampe à esprit-de-vin une capsule remplie d'eau dans laquelle plongeaient un tube contenant du blanc d'œuf et un thermomètre dont le réservoir cylindrique occupait toute la profondeur du bain.

A 60° C.	Le blanc d'œuf était encore clair et limpide.
63°.	Une teinte opale s'est manifestée à la partie inférieure du tube.
65°.	Cette même partie était déjà solide, tandis que la portion supérieure conservait sa fluidité.
70°.	La teinte opale se montre à la partie supérieure.
75°.	La solidification est complète.

D'où il suit que cette coagulation s'opère autour de 70° cent. Une fois coagulée, l'albumine, vue au microscope, présente les mêmes globules blancs dont nous avons déjà fait si souvent mention. Aucune des circonstances de ce phénomène ne nous porte à en soupçonner la cause ; et, sans nous arrêter aux opinions de Fourcroy et de Schéele, manifestement erronées, nous ne parlerons ici que de celle émise par M. Thenard dans son Traité de chimie. Il attribue cette solidification à la force de cohésion des molécules de l'albumine, et il la compare à celle qui s'opère dans certaines circonstances de chimie minérale ; il est possible que cela soit vrai, tout comme il est possible que la soude caustique nécessaire à la dissolution de l'albumine passe à l'état de carbonate par la décomposition d'une petite partie de la matière animale et devienne incapable de tenir l'albumine dissoute ; il est tellement difficile de s'assurer par expérience de la réalité de l'une ou l'autre de ces opinions, que nous ne nous y arrêterons pas davantage.

Heureusement les autres propriétés de l'albumine se laissent expliquer avec plus de facilité par une idée très-simple que M. Thompson a mise en avant le premier. En effet, l'action de la pile nous démontre clairement l'état de combinaison qui existe entre l'albumine et la soude, et beaucoup d'autres expériences très-connues des chimistes prouvent que ce corps peut aussi se combiner avec les oxides métalliques. Les composés qu'on obtient en précipitant un sel métallique par le blanc d'œuf ou le sérum offrent une nature complexe que les expériences de M. Peschier nous ont bien fait connaître. Une portion de l'acide du sel accompagne l'oxide dans cette précipi-

tation; et nous nous sommes assurés que tout l'oxide n'est pas en combinaison avec la matière animale; car la soude de l'albumine décompose une partie du sel, indépendamment de la présence de ce dernier corps.

Ces inconvéniens disparaissent lorsqu'on met en présence les deux substances à l'état naissant, et la combinaison qui s'opère est un albuminate pur et simple, comme nous le démontrerons ailleurs. Ces circonstances se trouvent réunies en coagulant l'albumine par la pile, au moyen de conducteurs de nature oxidable. Avec ceux de cuivre, on obtient une combinaison d'un vert d'eau tant qu'elle est hydratée, mais qui passe au vert turquoise lorsqu'elle est sèche. Nous avons trouvé qu'elle contenait des quantités assez fixes d'eau, d'oxide de cuivre et d'albumine. Avec ceux de fer, il se forme un composé vert-bleuâtre très-abondant, auquel le contact de l'air communique une teinte rouge-jaune, qui n'a pourtant pas de rapport avec celle de la matière colorante du sang. Ces deux composés sont insolubles comme celui formé par l'oxide de cuivre. Il est inutile d'ajouter que le premier contient le protoxide et le second le peroxide de fer, et qu'ils en renferment tous les deux des quantités passablement régulières.

La coagulation de l'albumine au moyen de l'esprit-de-vin est due à l'affinité de ce véhicule pour la soude caustique. C'est le moyen que nous croyons le plus convenable pour obtenir l'albumine à l'état de pureté; et l'on voit, en l'étudiant sous cette forme, qu'elle ne diffère en rien de la fibrine par l'action que les divers réactifs exercent sur elle.

Enfin, l'action des acides sur l'albumine rentre sous le

même point de vue, quoiqu'il y ait deux genres d'action à distinguer, 1°. la saturation de la soude; 2°. l'action de l'acide sur l'albumine. La première cause explique la précipitation du blanc d'œuf par la plupart des acides; la seconde permet de concevoir pourquoi les acides phosphorique et acétique font exception à cette règle. En effet, ces deux agens dissolvent ou au moins réduisent en gelée la fibrine elle-même, et sont bien éloignés, par conséquent, de pouvoir la précipiter de ses solutions alcalines.

La matière colorante du sang a fixé l'attention de tant de chimistes célèbres, qu'ils en auraient épuisé depuis long-temps l'histoire s'ils n'avaient été induits en erreur par une circonstance physique extrêmement simple. Elle se divise extraordinairement dans l'eau, et passe même au travers des filtres; mais, au moyen du microscope, on en découvre aisément les fragmens, et, par le repos, ils se précipitent sous la forme d'un dépôt rouge assez dense. Cette propriété de colorer l'eau sans troubler sa transparence a fait croire aux chimistes que l'eau pouvait dissoudre cette substance, et ils ont soumis la liqueur rouge à l'action des réactifs dont les effets n'ont jamais été satisfaisans.

La matière colorante du sang paraît formée d'une substance animale en combinaison avec le peroxide de fer. Si l'on s'en tenait aux expériences faites jusqu'à ce jour, on pourrait croire que cette matière est de l'albumine; mais, comme on n'a jamais opéré que sur un mélange confus de matière rouge, de globules blancs et d'albumine du sérum, nous sommes loin de regarder la question comme decidée.

Il semble donc que tous les procédés indiqués dans les divers Mémoires de Berzelius, Brande et Vauquelin, pour isoler la matière colorante, sont plus ou moins illusoires.

En réfléchissant aux propriétés des diverses matières animales que le sang renferme, on voit que leur évaluation est beaucoup plus aisée qu'on ne l'a supposé jusqu'ici. En effet, le sang, après sa sortie du vaisseau, se sépare en deux parties, le caillot et le sérum. Le premier se compose de la totalité des particules, et d'une quantité de sérum plus ou moins considérable, d'après l'espace de temps pendant lequel on l'a laissé reposer; mais, dans aucun cas, il ne renferme d'autre substance, si ce n'est toutefois dans certaines affections morbides que nous n'examinerons point ici. Comme il est très-facile de soumettre le sérum à une analyse exacte, il ne l'est pas moins de corriger l'erreur que son mélange introduit dans les résultats de l'analyse du caillot. C'est en opérant de cette manière que nous avons fait plusieurs analyses dont les détails vont être exposés.

Mammifères.

Callitriche. On a tiré le sang de la veine basilique; on a séparé le sérum et le caillot, qu'on a desséchés à l'étuve jusqu'à ce qu'ils pussent être pulvérisés. Voici nos résultats :

13	68gr.	Sang total.
10	75	Caillot humide.
2	80	*id.* sec.
2	48	Sérum.
0	23	*id.* sec.

Sérum.	
908	Eau.
92	Albumine et sels doubles.
1000.	

Sang.	
7760	Eau.
1461	Particules.
779	Albumine et sels solubles.
10000.	

L'animal qui nous avait fourni le sang semblait bien portant au moment où nous l'avons pris; mais étant mort quelque temps après d'une manière accidentelle, il parut atteint d'un ramollissement des os. M. le Dr Mayor, qui voulut bien s'occuper de sa dissection pour le Musée, nous a fait part de cette observation, qu'il nous a semblé indispensable de prendre en considération. Pendant sa vie, l'animal n'offrait pourtant aucun signe d'indisposition; il était vif et gai, mangeait et buvait bien. C'est du moins ce que M. le Dr Maunoir, à l'obligeance duquel nous le devions, a observé pendant quelque temps, et ce que nous avons pu vérifier nous-mêmes pendant trois mois au moins.

Homme sain. Nous n'avons pu nous procurer que du sang veineux, et nous l'avons pris ordinairement aux petites veines du bras. Moyenne de plusieurs analyses :

Sérum.		Sang.	
		7839	Eau.
900	Eau.	1292	Particules.
100	Albumine et sels solubles.	869	Albumine et sels solubles.
1000.		10000.	

Nous avons fait quelques analyses de sang malade, que nous ne rapporterons pas ici, pour qu'on ne nous croie pas tentés d'en tirer des conclusions thérapeutiques prématurées. Mais, afin de donner une idée des différences que notre mode d'analyse permet d'apercevoir, nous ferons connaître les résultats obtenus en prenant le sang de la veine porte sur le cadavre d'un supplicié, sain et en pleine digestion au moment de la mort.

Sérum.		Sang.	
		8014	Eau.
905	Eau.	1142	Particules.
95	Albumine et sels solubles.	844	Albumine et sels solubles.
1000.		10000.	

Cochon d'Inde. Le sang soumis à l'analyse a toujours été tiré d'une des jugulaires. Moyenne :

Sérum.	Sang.
	7848 Eau.
900 Eau.	1280 Particules.
100 Albumine, etc.	872 Albumine, etc.
1000.	10000.

Chien. Tiré d'une des jugulaires. Moyenne :

Sérum.	Sang.
	8107 Eau.
926 Eau.	1238 Particules.
74 Albumine, etc.	655 Album., etc.
1000.	10000.

Chat. On a fait plusieurs analyses du sang de cet animal, soit à l'état sain, soit après l'avoir soumis à diverses opérations. Nous ne rapporterons ici que la moyenne de l'état sain.

Sérum.	Sang.
	7953 Eau.
904 Eau.	1204 Particules.
96 Album., etc.	843 Album., etc.
1000.	10000.

Chèvre. Sang tiré d'une saphène. Dans cet animal, le sang veineux est presque rose comme le sang artériel des autres espèces. Cela tient à ce que la couleur est beaucoup moins intense, soit à l'état artériel, soit à l'état veineux.

Sérum.	Sang.
	8146 Eau.
907 Eau.	1020 Particules.
93 Album., etc.	834 Album., etc.
1000.	10000.

Veau. Mélange de sang artériel et veineux pris à la boucherie au moment où on saignait les animaux.

Sérum.	Sang.
	8260 Eau.
901 Eau.	912 Particules.
99 Album., etc.	828 Album., etc.
1000.	10000.

Lapin. Sang pris à l'une des jugulaires. Moyenne :

Sérum.	Sang.
	8379 Eau.
891 Eau.	938 Particules.
109 Album., etc.	683 Albumine et sels solubles.
1000.	10000.

Cheval. C'est du sang veineux sain que M. Prevost, vétérinaire distingué de cette ville, a bien voulu nous remettre. Moyenne :

Sérum.	Sang.
	8183 Eau.
901 Eau.	920 Particules.
99 Album., etc.	897 Albumine, etc.
1000.	10000.

OISEAUX.

Pigeon. Sang de la jugulaire. Résultat moyen de plusieurs opérations très-peu différentes entr'elles:

Sérum.	Sang.
	7974 Eau.
945 Eau.	1557 Particules.
55 Albumine, etc.	469 Albumine, etc.
1000.	10000.

Canard. Sang de la jugulaire. Moyenne de plusieurs analyses :

Sérum.		Sang.	
		7652	Eau.
901	Eau.	1501	Particules.
99	Albumine, etc.	847	Album., etc.
1000.		10000.	

Poule. Sang de la jugulaire. Moyenne.

Sérum.		Sang.	
		7799	Eau.
925	Eau.	1571	Particules.
75	Albumine, etc.	630	Albumine et sels solubles.
1000.		10000.	

Corbeau. L'individu qui nous a fourni le sang était très-jeune. Il est mort le lendemain de la saignée, et sans doute par l'effet de cette opération.

Sérum.		Sang.	
		1466	Particules.
934	Eau.	564	Albumine, etc.
66	Album., etc.	7970	Eau..
1000.		10000.	

Héron. L'animal qui nous a fourni le sang avait eu l'aile droite cassée d'un coup de feu. Depuis plusieurs jours il refusait toute nourriture. On l'a saigné à mort en ouvrant une des jugulaires. On n'a pu faire qu'une seule analyse.

Sérum.		Sang.	
		8082	Eau.
932	Eau.	1326	Particules.
68	Album., etc.	592	Albumine, etc.
1000.		10000.	

ANIMAUX A SANG FROID.

Truite. On a fait plusieurs analyses du sang de cet animal; les résultats diffèrent peu les uns des autres.

On le prenait sur un individu très-frais, et on ne le considérait comme bon qu'autant qu'il était encore fluide. Ordinairement il se coagulait dans le courant de la journée. Moyenne :

Sérum.		Sang.	
		8637	Eau.
923	Eau.	638	Particules.
77	Album., etc.	725	Album. et sels.
1000.		10000.	

Le résidu du sérum était fortement coloré en brun, quoique la dessiccation eût été faite à 20° dans le vide, au moyen de l'acide sulfurique concentré ; il exhalait, ainsi que celui du caillot, une odeur de poisson très-persistante.

Lote. (*Gadus Lota.*) On a choisi quelques-uns de ces poissons, qu'on apporte vivans au marché de cette ville, et on les a saignés en coupant les branchies en travers. La moyenne de plusieurs analyses faites à différentes époques et présentant des résultats assez concordans, donne :

Sérum.		Sang.	
		8862	Eau.
931	Eau.	481	Particules.
69	Albumine, etc.	657	Album., etc.
1000.		10000.	

Grenouille. On a saigné plusieurs de ces animaux vers la fin de l'hiver, et on a soumis à l'analyse le sang mélangé qu'on a obtenu.

Sérum.		Sang.	
		8846	Eau.
950	Eau.	690	Particules.
50	Album., etc.	464	Albumine, etc.
1000.		10000.	

Tortue terrestre (*Testudo terrestris*). Le sang analysé provenait d'un individu saigné à mort, de la jugulaire, vers la fin de l'hiver. Il ne différait pas pour l'aspect de celui d'un oiseau, tant le caillot était volumineux. L'animal n'avait bu ni mangé depuis cinq mois. Sa température était exactement celle de l'air ambiant. Sa respiration ne se répétait que trois fois par minute; et l'autopsie nous a montré un canal intestinal parfaitement vide, à quelques paquets de vers près.

Sérum.		Sang.	
		7688	Eau.
904	Eau.	1506	Particules.
96	Albumine, etc.	806	Albumine.
1000.		10000.	

Anguille commune. M. Hewson avait avancé que les globules de cet animal étaient circulaires. Nous regrettions depuis long-temps de ne pouvoir vérifier cette assertion, lorsque nous avons su que des marchands avaient apporté des anguilles en vie qu'ils avaient prises dans quelque lac de la partie de la Suisse qui nous avoisine. Nous nous sommes empressés de nous en procurer, et nous avons vu que les particules de leur sang étaient elliptiques. mm0,01223 grand diamètre. mm0,00866 petit id. Pour faire l'analyse de ce liquide, on a ouvert l'aorte un peu au-dessus du bulbe, et on l'a recueilli soigneusement. L'animal n'est mort que long-temps après l'opération. La couleur du sérum était verdâtre, et le caillot s'est formé lentement.

Sérum.		Sang.	
		8460	Eau.
900	Eau.	940	Albumr., etc.
100	Albumine, etc.	600	Particules.
1000.		10000.	

Le point de vue auquel nous nous sommes principalement attachés dans ces analyses établit une grande différence entre nos travaux et ceux de MM. Marcet et Berzelius, qui ont fait les premiers l'analyse du sérum avec exactitude. Nous avons eu très-souvent le plaisir de confirmer les résultats qu'ils ont publiés l'un et l'autre; et si nous ne donnons pas ici le détail des sels que contiennent ces liquides dans les divers sangs que nous avons examinés, c'est que nous nous proposons d'y revenir dans un Mémoire particulier, dans lequel nous voulons surtout mettre en évidence les variations du peroxide de fer, d'un animal à l'autre. Comme cette étude doit être faite sur des quantités assez considérables, et que l'autre, au contraire, pouvait s'opérer en petit, nous sommes forcés de recommencer à nouveaux frais.

Il suffit de jeter un coup-d'œil sur ces résultats pour s'assurer qu'il est impossible d'en tirer des conclusions générales relativement à la composition du sérum. Ce liquide varie dans le même animal, et encore plus, d'un animal à l'autre, sans qu'il soit possible de lier ce caractère avec l'état physiologique de l'individu. Mais il n'en est pas de même des particules; et, dans le plus grand nombre des cas, leur quantité présente une certaine relation avec la chaleur développée par l'action vitale. C'est ce que le tableau suivant met assez bien en évidence. Nous y avons réuni le poids des particules dans mille parties de sang, la température habituelle du rectum, le nombre des battemens du cœur par minute, enfin le nombre des inspirations dans le même temps. Il manque, pour compléter nos connaissances sur ce sujet, le rapport du poids total du sang en circulation au poids de

l'animal. Nous nous occupons de cette évaluation difficile, peu exacte, mais indispensable à l'application des faits exposés ici.

NOM de l'animal.	POIDS des particules pour 1000 de sang	TEMPÉRATURE moyenne.	POULS normal par minute.	RESPIRATION normale par minute.
Pigeon.....	1557	42° c.	136	34
Poule......	1571	41,5	140	30
Canard.....	1501	42,5	110	21
Corbeau....	1466	»	»	»
Héron.....	1326	41	200	22
Singe......	1461	35,5	90	30
Homme....	1292	39	72	18
Cochon d'Inde....	1280	38	140	36
Chien......	1238	37,4	90	28
Chat.......	1204	38,5	100	24
Chèvre.....	1020	39,2	84	24
Veau......	912	»	»	»
Lapin......	938	38	120	36
Cheval.....	920	36,8	56	16
Mouton....	900	38	»	»
Truite.....	638	»	»	»
Lote (*Gadus Lota*)....	481	Celle du lieu.	»	36
Grenouille..	690	9° dans une eau à 7°,5.	»	20
Tortue.....	1596	Celle de l'air.	»	3
Anguille....	600	»	»	»

Il était naturel qu'après avoir reconnu l'existence de la loi que nous venons d'énoncer, nous nous occupassions des variations que le principe actif du sang devait subir sous diverses circonstances physiologiques. Nos

vues se sont tournées dès ce moment vers l'examen comparatif du sang artériel et veineux. Mais nous avons éprouvé des difficultés auxquelles nous étions peu préparés. En effet, comme on ne se procure qu'avec peine du sang artériel sur des animaux de prix, nous nous étions d'abord contentés de celui du chat; mais nous avons été déconcertés par l'irrégularité des résultats que nous obtenions. Nous trouvions des augmentations et des diminutions dans le poids des particules, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre; et quelquefois, pour accroître la bizarrerie de ces données, il nous arrivait de ne rencontrer aucune différence entre les deux sangs. Enfin, nous étant aperçus que le premier tiré se trouvait presque toujours le plus riche en particules, nous avons commencé à soupçonner la cause de nos incertitudes. Lorsqu'on saigne un petit animal, d'une quantité notable, les veines absorbent avec rapidité, aux dépens du reste du système, une dose de liquide proportionnelle et peut-être équivalente à celle que la masse en circulation a perdue. D'où il suit que la masse des particules paraît diminuer dans une quantité donnée de sang.

1re *Expérience.* On a pris un chat robuste qui avait déjà été saigné pour un autre objet, et on lui a tiré 11 grammes de sang veineux, dont l'analyse a fourni :

Sérum.		Sang.	
		8259	Eau.
904	Eau.	862	Particules.
96	Albumine, etc.	879	Album., etc.
1000.		10000.	

La quantité de particules était bien au-dessous de la moyenne; la circulation était plus rapide, la tempéra-

ture avait baissé d'un degré, la respiration conservait son état normal. Le lendemain on a tiré de nouveau 12 grammes de sang artériel, dont voici l'analyse :

Sérum.	Sang.
	8235 Eau.
900 Eau.	856 Particules.
100 Albumine, etc.	909 Albumine, etc.
1000.	10000.

2e *Expérience*. Un chat robuste, bien portant, est saigné fortement de la carotide. Analyse :

Sérum.	Sang.
	7938 Eau.
900 Eau.	1184 Particules.
100 Album., etc.	878 Album., etc.
1000.	10000.

Deux minutes après, on le saigne de la jugulaire externe :

Sérum.	Sang.
	8092 Eau.
916 Eau.	1163 Particules.
84 Album., etc.	745 Album., etc.
1000.	10000.

On laisse de nouveau s'écouler cinq minutes, et on tire du sang de la jugulaire :

Sérum.	Sang.
	8293 Eau.
915 Eau.	935 Particules.
85 Album., etc.	772 Album.
1000.	10000.

Ces deux expériences ne laissent aucun doute sur la rapidité de cette absorption, en même temps qu'elles

indiquent la route à suivre pour éviter l'erreur qui en résulte. L'absorption veineuse est donc un phénomène bien constaté, et dont l'action, dans beaucoup de cas pathologiques, peut trouver son explication, soit dans les belles expériences de M. Magendie, soit dans les nôtres. Celles-ci présentent surtout un intérêt très-vif en ce qu'elles s'appliquent directement aux indications de la saignée dans les cas où il s'agit de favoriser une absorption. On peut, à leur aide, concevoir aisément le bénéfice de cette pratique dans certains cas d'hydropisie, etc. Mais revenons-en à nos sangs artériel et veineux. Il était probable qu'une petite saignée pratiquée sur un animal fort ne produirait qu'un effet insensible; et nous nous sommes déterminés à opérer sur le mouton. Voici nos résultats. Sang artériel tiré de la carotide :

Sérum.		Sang.	
		8293	Eau.
915	Eau.	935	Particules.
85	Album.	772	Albumine, etc.
1000.		10000.	

Sang veineux tiré de la jugulaire :

	Sang.	
	8364	Eau.
Sérum identique.	861	Particules.
	775	Albumine, etc.
	10000.	

Ceux du chien et ceux du chat offrent des différences dans le même sens. 10000 de sang artériel contiennent ordinairement 100 de globules en sus du sang veineux. Quelquefois les sérums sont les mêmes, quelquefois ils offrent de légères différences dans lesquelles on ne voit

rien de fixe. Nous avons toujours eu soin, dans ces analyses, d'extraire le sang veineux avant le sang artériel, afin que l'absorption veineuse, si elle avait lieu, ne fût pas en faveur du rapport dont nous signalons ici l'existence. En résumant les résultats de notre travail, on voit :

1°. Que le sang artériel renferme plus de particules que le sang veineux ;

2°. Que les oiseaux sont les animaux dont le sang est le plus riche en particules ;

3°. Que les mammifères viennent ensuite, et qu'il semblerait que les carnivores en ont plus que les herbivores ;

4°. Que les animaux à sang froid sont ceux qui en possèdent le moins.

Enfin, on acquiert encore une preuve directe de l'absorption veineuse après la saignée. Nous nous servirons même de ce principe pour expliquer l'anomalie de notre héron. En effet, il avait perdu beaucoup de sang, il n'avait pris aucune nourriture depuis plusieurs jours; et il semble légitime de conclure de ces deux circonstances, que la masse des particules ayant diminué d'un côté et n'ayant pas été remplacée de l'autre, elle a dû rester en dessous de la moyenne.

L'anomalie apparente de la tortue s'explique avec la même facilité. La vie est presque suspendue chez cet animal pendant l'hiver, en sorte qu'il détruit beaucoup moins de particules. Cependant il est impossible qu'il ne perde pas d'eau, soit par la respiration, soit par la transpiration, soit enfin par les urines, dont l'excrétion se continue avec abondance et régularité.

Note *en réponse à un Article de M.* Berthier, *Ingénieur en chef des Mines, sur la théorie des mortiers.*

Par M. Vicat,

Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Un retard involontaire dans le renouvellement de mon abonnement à ce journal m'a privé de connaître plus tôt l'intéressante Notice de M. Berthier sur les chaux grasses, les chaux hydrauliques et le mortier. Les détails dans lesquels ce savant chimiste est entré, le ton de bienveillance et d'impartialité qui règne dans sa discussion, me font vivement desirer qu'il veuille bien m'aider à dissiper les incertitudes qui subsistent encore sur une théorie qui, dans l'état actuel de nos connaissances, ne doit pas rester plus long-temps douteuse.

Il y a cinq ans que j'ai publié mes premières Recherches sur ce sujet, et depuis cette époque j'ai continuellement travaillé à les étendre et à accroître la série des faits. Je m'empresse de dire qu'ils confirment avec la plus grande exactitude les expériences de M. Berthier, sur la manière dont se comportent la silice, l'alumine et les oxides de fer et de manganèse calcinés avec la craie. J'avais au surplus remarqué déjà, d'après des essais multipliés (*voyez mon Mémoire*, page 5), que le fer et le manganèse n'étaient pas indispensables aux chaux hydrauliques.

M. Berthier termine sa Notice par quelques observations critiques sur l'explication que j'ai essayé de donner de la solidification des bétons et des mortiers en

général. J'avoue qu'en effet mes idées ne sont pas tout-à-fait exemptes d'objections ; mais je dois dire que M. Berthier se trompe quand il affirme que je ne les ai appuyées d'aucun fait. Je me propose de rappeler ici très-succinctement ceux qui semblent les justifier, et d'y joindre les faits nouveaux que j'ai rassemblés depuis.

1°. Le plâtre n'a aucune causticité ; on le manie impunément ; il adhère, par juxta-position, aux corps sur lesquels on l'applique, et il n'exerce sur les corps aucune action chimique sensible.

2°. L'argile est de même ; elle diffère physiquement du plâtre dans ses effets, en ce qu'elle prend du retrait en durcissant, pendant que le plâtre, au contraire, augmente plus ou moins de volume.

3°. Si on prend ces deux matières pour gangue, qu'on y introduise diverses proportions de sable ou de menu gravier, il arrivera que la résistance des agrégés décroîtra rapidement en raison de la quantité d'alliage qu'ils contiendront.

4°. Une chaux commune très-grasse, c'est-à-dire, très-pure, offrira le même résultat : l'hydrate de chaux sans alliage pourra acquérir une résistance moyenne représentée par 3800, tandis qu'après l'introduction du sable, cette résistance, dans les circonstances les plus favorables, s'élevera tout au plus à 2000.

5°. Une chaux hydraulique de bonne qualité se comportera d'une manière toute différente : employée seule à l'état d'hydrate et exposée à toutes les intempéries, elle parviendra à une résistance moyenne de 2000 ; mais avec le sable elle pourra donner, dans les mêmes circonstances et dans le cas le plus favorable, jusqu'à 7700.

6°. Une chaux hydraulique employée seule à l'état d'hydrate et sous une terre fraîche parviendra à une résistance moyenne représentée par 4000 : mêlée avec le sable, elle pourra donner, dans les mêmes circonstances et dans le cas le plus favorable, jusqu'à 5500.

7°. Une chaux grasse employée immédiatement après l'extinction, de manière à jouir autant que possible de toute sa causticité, formera avec le sable des mortiers dont la plus grande résistance s'élevera à peine à 1500. La même chaux, éteinte spontanément par une année d'exposition à l'air sous un hangar, pourra donner, dans les mêmes circonstances, jusqu'à 2700.

8°. Les faits exposés dans les articles 4, 5, 6 et 7 ci-dessus ont lieu également avec les sables calcaires et les sables quartzeux.

9°. Les gros sables forment avec la chaux grasse de meilleurs mortiers que les sables fins : ceux-ci reprennent l'avantage avec les chaux hydrauliques.

10°. Les pouzzolanes naturelles et les argiles légèrement cuites se comportent avec les chaux grasses d'une manière entièrement semblable.

11°. Les mélanges de chaux grasses et de pouzzolane durcissent d'autant plus vite sous l'eau que la température de celle-ci est plus élevée.

12°. Jamais l'eau n'attaque ces mélanges lorsqu'ils sont faits en bonnes proportions ; dans le cas contraire, elle se borne à dissoudre l'excès de chaux qui s'y trouve, tandis qu'elle ne laisse que le sable tout pur lorsqu'elle coule légèrement sur un mortier ordinaire à chaux grasse, immergé encore frais.

13°. Les bétons composés de chaux grasse et d'une excellente pouzzolane augmentent de volume en se solidifiant lorsqu'ils ont été gâchés avec soin. Cette augmentation se manifeste souvent par la rupture des vases dans lesquels le béton a été placé.

14°. L'énergie des pouzzolanes se manifeste également, soit qu'on les emploie en poudre sèche ou en poudre imbibée jusqu'à saturation.

15°. La chaux grasse éteinte par immersion (qui hâte en général la solidification des mortiers hydrauliques par la propriété absorbante dont elle est douée) ne conduit point au même degré de dureté lorsqu'on la mêle avec une excellente pouzzolane, que si on en perfectionne préalablement la division par l'extinction ordinaire.

16°. Les mortiers hydrauliques à pouzzolanes se solidifient lentement. On remarque qu'ils font plus de progrès de la seconde à la troisième année que de la première à la seconde. L'analyse de ces matières ne donne qu'une quantité d'acide carbonique beaucoup moindre que celle qui convient à la saturation de la chaux qu'elles contiennent.

En réfléchissant sur ces faits, vérifiés par dix années d'expériences successives, j'ai été conduit à cette première conclusion, dont la légitimité ne sera point contestée, savoir : que la force qui unit la chaux hydraulique aux particules quartzeuses ou calcaires mêlées avec elle est plus grande que l'adhésion des propres parties de cette chaux entr'elles ; et j'avoue de bonne foi qu'il m'a toujours paru impossible d'expliquer ce phénomène autrement que par la puissance d'une affinité chimique. M. Berthier tranche la question et dit : « Ce phénomène

» n'a rien qui puisse surprendre. Ne voit-on pas la peinture et les vernis adhérer au bois, la colle à la plupart des corps, l'or aux émaux, etc., avec une force telle que l'on ne peut la vaincre que par des moyens chimiques? Et cependant n'est-il pas évident que, dans aucun de ces cas, il n'y a combinaison, puisque, lorsqu'on enlève, en la détruisant, la peinture, la colle, etc., dont un corps était recouvert, on voit que ce corps n'a pas éprouvé la plus légère altération, et que, s'il était poli, il a conservé tout son éclat. »

J'ai dit page 73 de mon Mémoire : « Les modifications (quelles qu'elles soient d'ailleurs) que l'action du feu détermine dans les proportions de silice et d'alumine mêlées à la matière purement calcaire, donnent au composé qui en résulte la faculté d'agir chimiquement, par l'intermède de l'eau, sur de nouvelles substances siliceuses à l'état de quartz. »

Il est possible qu'ailleurs je me sois servi aussi du mot *combinaison*; mais il n'est jamais entré dans ma pensée que le résultat de cette combinaison dût être d'altérer, de dépolir ou de corroder sensiblement la surface du quartz. Des effets aussi prononcés ne sont pas le résultat nécessaire d'une attraction moléculaire. Celle-ci peut agir avec une grande intensité, à distance infiniment petite et superficiellement, pour ainsi dire : la considération des pores, des aspérités, etc., comme explication des phénomènes décrits, ne soutient pas un seul instant l'examen. Je m'explique à cet égard : soient deux corps A et B, liés ensemble, suivant un plan S, par une adhésion purement physique; cette adhésion ne résulte évidemment que d'un emboîtement d'aspérités ou d'un

entrelacement de fibres, etc.; en considérant donc chaque aspérité ou fibre du corps A retenu par un pore ou une fibre du corps B, comme une petite force, l'adhésion totale sera la somme de ces forces : or, quelque multipliées que soient les aspérités, il est clair qu'elles ne seront jamais en assez grand nombre sur la face de juxta-position S, pour égaler la somme des mêmes forces contiguës, distribuées sur une égale section S prise dans le corps A. Si donc l'homogénéité du corps A est parfaite, qu'il ne se soit rien passé d'extraordinaire dans les parties de ce corps en contact avec B, il arrivera infailliblement que la disjonction aura lieu, suivant le plan de contact et non ailleurs, quand on cherchera à séparer les corps juxta-posés. Réciproquement, toutes les fois qu'à section égale, la séparation s'effectuera dans A ou dans B, et non sur le plan de juxta-position, on sera en droit d'en conclure qu'une force étrangère est intervenue ou que les parties contiguës à ce plan ont acquis plus de compacité, plus de résistance que dans le reste de la masse, qu'ainsi elles ont été modifiées. Quel nom donnera-t-on maintenant à cette modification, et quelle origine lui assignera-t-on ? Si je me suis trompé en la considérant comme le résultat d'une affinité ou d'une forte attraction moléculaire, on avouera que je suis d'autant plus excusable, que de grands physiciens n'ont pas hésité à qualifier du même nom la force inconnue, qui augmente, après un certain temps, la résistance que deux corps parfaitement polis éprouvent à glisser l'un sur l'autre; et en cela, ils vont plus loin que moi. Je desire que M. Berthier veuille bien apprécier ces raisons, et examiner surtout si la discussion qui vient de s'élever

entre nous ne roulerait pas, par hasard, plutôt sur les mots que sur les choses.

L'exemple des vernis, des colles et des huiles, si l'on veut, est loin, selon moi, d'infirmer ma proposition; il me semble que si l'ascension de l'eau dans le joint étroit de deux lames de verre est due à une attraction moléculaire, on ne peut méconnaître la même cause dans la forte tendance des colles et des huiles à s'insinuer dans les pores des corps; et dire qu'un corps est gras ou collant, c'est exprimer, je crois, qu'il est très-attirable moléculairement par d'autres corps. Résumant donc mes conclusions, je dis du plâtre, de l'argile et de la chaux commune, que ces substances n'ont que peu ou point d'affinité pour le quartz, puisqu'elles y adhèrent moins fortement que leurs propres parties n'adhèrent entr'elles; et, par une raison toute contraire, je dis de la chaux éminemment hydraulique, qu'elle s'attache au quartz par l'effet d'un lien chimique. Si on lance une poignée de boue ou d'argile contre une planche ou contre le parement d'une pierre, il pourra bien arriver qu'avant ou après la dessiccation il soit plus aisé de désunir les propres parties de la boue ou de l'argile que de les séparer de la planche ou de la pierre: cela ne prouvera pas qu'il y ait affinité, je l'avoue; mais cela prouvera qu'il n'y a plus d'homogénéité dans l'argile ou la boue, et que l'effet du choc a été de comprimer les parties les plus voisines du plan de jonction, et de leur donner ainsi une plus grande résistance.

Je perdrai mon procès, au surplus, si on parvient à démontrer que l'effet de la porosité peut lier ensemble deux corps d'une manière plus solide que les propres par-

ties de ces corps ne se lient naturellement entr'elles : tout étant physique dans cette question, on peut la soumettre au calcul. Il sera curieux de voir comment on expliquera les faits suivans, dont je garantis l'exactitude.

Un prisme de plâtre âgé d'un an a donné pour résistance 6120; 100 parties du même plâtre gâché avec 150 parties de sable n'ont donné, dans les mêmes circonstances, que 2491.

Un prisme de chaux hydraulique (hydrate), âgée de quatorze mois, a donné 1950; 100 parties du même hydrate, mêlées avec 150 parties du même sable que ci-dessus, ont donné, dans les mêmes circonstances, 7009.

M. John, dont la théorie paraît à M. Berthier plus plausible que la mienne, a constaté l'inaction des chaux grasses sur le quartz par une expérience directe; mais ses conclusions relativement aux pouzzolanes ne sont qu'une induction, et à cette induction nous opposerons les faits suivans, qui ne sont que les développemens de ceux qu'on a précédemment établis sous les N°s 14, 15 et 16.

1°. Si l'on prend une poudre calcaire, une poudre quartzeuse, et une pouzzolane en poudre de même grain et de même dureté à très-peu près, qu'on laisse ces trois poudres s'imbiber d'eau pendant plusieurs jours, qu'on les mêle ensuite en proportions semblables avec une même quantité de chaux grasse, et qu'on immerge sur-le-champ les trois mélanges, il arrivera que les bétons à poudre calcaire et quartzeuse resteront toujours mous pendant que le béton à pouzzolane durcira.

2°. La surface d'un béton dépouillé d'une partie de la chaux perdra momentanément une partie de sa consistance; mais après cinq ou six années, elle se tapissera d'une légère croûte de chaux carbonatée, dont la formation lente sera due au gaz carbonique dont toutes les eaux sont plus ou moins imprégnées; et, sous cette espèce de bouclier, elle reprendra de la fermeté et finira par atteindre la dureté des parties centrales où l'action dissolvante de l'eau ne s'est point fait sentir.

Si l'on parvient à expliquer ces phénomènes par la porosité et la faculté absorbante des particules pulvérulentes de la pouzzolane, nous passerons volontiers condamnation sur ce que nous avons dit de l'action chimique de ces substances.

M. Berthier ne pense pas que les argiles calcinées aient de l'analogie avec les pouzzolanes; elles en ont au moins une très-grande par leur manière d'agir avec la chaux grasse; et, quant à la composition chimique, il est certain que si les roches volcaniques contiennent de la potasse, les argiles telles que la nature les donne en contiennent souvent aussi. Mais j'ai prouvé (1) par des expériences directes que la présence de la potasse ou de la soude dans les argiles calcinées n'a aucune influence sensible sur leur énergie : les mêmes oxides alcalins peuvent donc se trouver accidentellement dans les roches volcaniques, sans qu'on puisse en conclure que celles-ci diffèrent essentiellement du silicate d'alumine proprement dit.

---

(1) *Recherches sur les pouzzolanes artificielles.* Mémoire lu à l'Institut le 1er février 1819.

« S'il y avait réellement combinaison entre la chaux » et l'argile, dit M. Berthier, les bétons composés de » ces deux matières, et qui durcissent dans l'eau, ne » perdraient pas insensiblement leur dureté au contact » de l'air; car on sait que le ciment romain, qui n'est » autre chose qu'une pareille combinaison obtenue par » la voie sèche, durcit au contact de l'air comme sous » l'eau. »

Je ne pense pas que l'objection soit fondée; car les combinaisons par la voie humide et par la voie sèche ne sont pas produites par les mêmes forces; ainsi il n'y a rien de contradictoire dans le fait invoqué; personne ne peut nier d'ailleurs que l'air ne soit un agent capable de détruire certaines combinaisons chimiques (1).

Mais, sans pousser plus loin ces considérations, exposons encore un fait : que l'on prenne 100 parties d'hydrate de silice (obtenue par la dessiccation naturelle de

---

(1) J'ai observé que la détérioration des bétons exposés à l'air est d'autant plus rapide et plus prononcée que l'argile employée comme pouzzolane est plus pure. Cette détérioration est modérée d'une manière très-remarquable par la présence de l'oxide de fer, et c'est peut-être par cette raison qu'elle est peu sensible à l'égard du ciment romain et du ciment de Boulogne. J'ai observé encore que du béton composé de chaux hydraulique et de sable seulement exposé à un air sec, après un an d'immersion, est devenu aussi friable que du mortier à chaux grasse, pendant que le même béton, exposé de la même manière après un an de séjour dans une terre fraîche et légère, n'a donné aucun signe d'altération.

la silice en gelée), qu'on mêle cette silice avec environ 50 parties d'hydrate de chaux grasse en pâte un peu ferme, et qu'on immerge le mélange sur-le-champ, la solidification se manifestera en moins de douze heures, et ici la combinaison sera évidente; car il n'y aura aucun effet de porosité à invoquer; cette solidification persistera tant que l'immersion durera; après un mois ou deux d'exposition à un air sec, le composé deviendra terne et pulvérulent. Les mêmes choses se passeront d'une manière à-peu-près semblable si on emploie de la silice encore gélatineuse, un peu plus épaisse cependant qu'elle ne l'est immédiatement après le lavage.

Plus on approfondit ce sujet, plus la théorie des aspérités et de l'absorption paraît invraisemblable : si une brique toute chaude sortant du four s'imbibe complètement par un quart d'heure d'immersion, quel temps assignera-t-on à des particules imperceptibles de pouzzolane noyées dans une bouillie de chaux? Elles ont le loisir de s'imbiber cent fois avant qu'on ait pu confectionner bien exactement le mélange des ingrédiens. Que leur restera-t-il donc à faire quand on immergera ce mélange encore pâteux, duquel elles seront désormais incapables de tirer un atome d'eau, et par quels moyens ce mélange pâteux pourra-t-il durcir continuellement d'une manière très-sensible pendant trois années consécutives?

M. Berthier demande pourquoi l'argile crue, qui se prête en général plus facilement aux combinaisons que l'argile cuite, ne produit pas le même effet que celle-ci? Je me suis fait souvent la même objection, sans avoir entièrement pu la résoudre. Personne ne saurait mieux

que M. Berthier éclaircir cette difficulté, s'il voulait bien en prendre la peine : nous lui devrions ainsi l'explication d'un fait non moins curieux que celui qu'il vient de nous révéler sur l'efficacité de l'alumine, du fer oxidé, etc., ajoutés à la silice dans la confection de chaux artificielles.

PROGRAMMES *des Prix proposés par l'Académie royale des Sciences, pour les années* 1824 *et* 1825, *dans sa séance du* 2 *juin* 1823.

PRIX DE PHYSIQUE, *pour l'année* 1825.

L'IMPERFECTION des procédés d'analyse chimique n'a pas permis jusqu'à présent d'acquérir des notions exactes sur les phénomènes qui se passent dans l'estomac et les intestins, et durant le travail de la digestion. Les observations et les expériences, même celles qui ont été faites avec le plus de soin, n'ont pu conduire qu'à des connaissances superficielles sur un sujet qui nous intéresse d'une manière si directe.

Aujourd'hui que les procédés d'analyse des substances animales ou végétales ont acquis plus de précision, on peut espérer qu'avec des soins convenables on arrivera à des notions importantes sur la digestion.

En conséquence l'Académie propose, pour sujet du prix de physique de l'année 1825, de *déterminer, par une série d'expériences chimiques et physiologiques, quels sont les phénomènes qui se succèdent dans les organes digestifs durant l'acte de la digestion.*

Les concurrens rechercheront d'abord les modifications chimiques ou autres que les principes immédiats organiques éprouvent dans les organes digestifs, en s'attachant de préférence à ceux de ces principes qui entrent dans la composition des alimens, tels que la gélatine, l'albumine, le sucre, etc.

Les recherches seront ensuite dirigées vers les substances alimentaires elles-mêmes, où se trouvent réunis plusieurs principes immédiats, en ayant soin de distinguer ce qui a rapport aux boissons d'avec ce qui regarde les alimens solides.

Les expériences devront être suivies dans les quatre classes d'animaux vertébrés.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de 3000 fr. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi du mois de juin 1825. Les Mémoires devront être remis au Secrétariat de l'Institut, avant le 1er janvier 1825.

Ce terme est de rigueur.

PRIX DE MATHÉMATIQUES, *proposé en* 1822, *pour l'année* 1824.

L'Académie royale des Sciences, persuadée que la théorie de la chaleur est un des plus intéressans objets des mathématiques appliquées, et considérant que les prix déjà proposés sur cette théorie ont évidemment contribué à la perfectionner, propose la question suivante pour le sujet du nouveau prix de mathématiques qu'elle décernera dans sa première séance de juin 1824 :

1°. *Déterminer, par des expériences multipliées, la densité qu'acquièrent les liquides, et spécialement le*



mercure, l'eau, l'alcool et l'éther sulfurique, par des compressions équivalentes aux poids de plusieurs atmosphères.

2°. *Mesurer les effets de la chaleur produits par ces compressions.*

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de 3000 fr. Les Mémoires devront être remis avant le 1er janvier 1824.

Ce terme est de rigueur.

Prix *fondé par feu M.* Alhumbert, *proposé en* 1822, *pour l'année* 1824.

Feu M. Alhumbert ayant légué une rente annuelle de *trois cents francs* pour être employée aux progrès des sciences et des arts, le Roi a autorisé les Académies des Sciences et des Beaux-Arts à distribuer alternativement, chaque année, un prix de cette valeur.

L'Académie propose le sujet suivant pour le concours de cette année :

Comparer anatomiquement la structure d'un poisson et celle d'un reptile; les deux espèces au choix des concurrens.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de 300 fr. Il sera adjugé dans la séance publique du premier lundi de juin 1824.

Le terme de rigueur, pour l'envoi des Mémoires, est le 1er janvier 1824.

Prix de physiologie expérimentale, *fondé par M.* de Montyon.

Feu M. de Montyon, ayant conçu le noble dessein de contribuer aux progrès des sciences en fondant plusieurs

prix dans diverses branches de nos connaissances, a offert une somme à l'Académie des Sciences, avec l'intention que le revenu en fût affecté à un prix de physiologie expérimentale à décerner chaque année; et le Roi ayant autorisé cette fondation par une ordonnance en date du 22 juillet 1818,

L'Académie annonce qu'elle adjugera une médaille d'or, de la valeur de 895 francs, à l'ouvrage imprimé ou manuscrit qui lui aura été adressé d'ici au 1er janvier 1824, et qui lui paraîtra avoir le plus contribué aux progrès de la physiologie expérimentale.

Les auteurs qui croiraient pouvoir prétendre au prix sont invités à adresser leurs ouvrages, francs de port, au Secrétariat de l'Académie avant le 1er janvier 1824.

Ce terme est de rigueur.

Le prix sera adjugé dans la séance publique du premier lundi de juin 1824.

Prix de mécanique, *fondé par M.* de Montyon.

M. de Montyon ayant offert une rente de *cinq cents francs* sur l'Etat, pour la fondation d'un prix annuel, autorisée par une ordonnance royale du 29 septembre 1819, en faveur de celui qui, au jugement de l'Académie royale des Sciences, s'en sera rendu le plus digne en inventant ou en perfectionnant des instrumens utiles aux progrès de l'agriculture, des arts mécaniques et des sciences;

Aucun des instrumens ou machines récemment inventés n'ayant paru digne du prix qui devait être décerné dans la séance publique du premier lundi de juin

1823, ce prix est remis au concours pour la quatrième fois.

En conséquence, il sera cumulé avec celui de 1823, pour être donné dans la séance publique du premier lundi de juin 1824.

Ce prix sera une médaille d'or de la valeur de 2,000 francs. Il ne sera donné qu'à des machines dont la description ou les plans ou modèles, suffisamment détaillés, auront été soumis à l'Académie, soit isolément, soit dans quelque ouvrage imprimé, transmis à l'Académie.

L'Académie invite les auteurs qui croiraient avoir des droits à ce prix, à communiquer les descriptions manuscrites ou imprimées de leurs inventions, avant le 1er janvier 1824.

Ce terme est de rigueur.

PRIX D'ASTRONOMIE.

La médaille fondée par feu M. de Lalande, pour être donnée annuellement à la personne qui, en France ou ailleurs (les membres de l'Institut exceptés), aura fait l'observation la plus intéressante ou le Mémoire le plus utile aux progrès de l'astronomie, sera décernée dans la séance publique du premier lundi de juin 1824.

Le prix consistera en une médaille d'or de la valeur de 635 francs.

PRIX DE STATISTIQUE, *fondé par M.* de Montyon.

Une ordonnance du Roi, rendue le 22 octobre 1817, a autorisé la fondation d'un prix annuel de statistique, qui

doit être proposé et décerné par l'Académie royale des Sciences.

Parmi les ouvrages publiés chaque année, et qui auront pour objet une ou plusieurs questions relatives à la statistique de la France, celui qui, au jugement de l'Académie, contiendra les recherches les plus utiles, sera couronné dans la première séance publique de l'année suivante. On considère comme admis à ce concours les Mémoires envoyés en manuscrits, et ceux qui, ayant été imprimés et publiés dans le cours de l'année, seraient adressés au Secrétariat de l'Institut : sont seuls exceptés les ouvrages imprimés ou manuscrits de ses membres résidens.

Afin que les recherches pussent s'étendre à un plus grand nombre d'objets, il a paru d'abord préférable de ne point indiquer une question spéciale, en laissant aux auteurs mêmes le choix du sujet, pourvu que ce sujet appartienne à la statistique proprement dite, c'est-à-dire qu'il contribue à faire connaître exactement le territoire et la population, ou les richesses agricoles et industrielles du royaume et des colonies.

Les remarques suivantes pourront servir à diriger les auteurs vers le but que l'on s'est proposé en fondant un prix annuel de statistique.

(Ces remarques ont déjà été publiées dans les *Annales*, l'an dernier. Nous y renverrons les lecteurs.)

Les Mémoires manuscrits, destinés au concours de statistique de l'année 1823, doivent être adressés au

Secrétariat de l'Institut, *francs de port*, et remis avant le 1er janvier 1824; ils peuvent porter le nom de l'auteur, ou ce nom peut être écrit dans un billet cacheté joint au Mémoire.

Quant aux ouvrages imprimés, il suffit qu'ils aient été publiés dans le courant de l'année 1823, et qu'ils aient été adressés à l'Académie avant l'expiration du délai indiqué. Le prix sera une médaille d'or équivalente à la somme de *cinq cent trente francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi de juin 1824.

Les Mémoires et machines devront être adressés, francs de port, au Secrétariat de l'Institut avant le terme prescrit, et porter chacun une épigraphe ou devise qui sera répétée, avec le nom de l'auteur, dans un billet cacheté joint au Mémoire.

Les concurrens sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des ouvrages qui auront été envoyés au concours; mais les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 28 *avril* 1823.

L'Académie reçoit les Mémoires manuscrits dont voici les titres : *Mémoire sur un Instrument pour mesurer les angles et les lignes*, par M. Hurtrel; *Mémoire sur le*

Binome, par M. John Walsh; *Mémoire sur l'Existence de l'hydrocianite de fer dans l'urine*, par M. Julia; *Observations météorologiques faites à Alais*, par M. d'Hombres Firmas; *Communication verbale faite à l'Académie dans la séance du 14 avril 1823, avec des notes additionnelles*, par M. de la Borne.

Sur l'avis affirmatif de la Section de Physique, l'Académie décide à l'unanimité qu'il y a lieu à remplacer M. Charles.

M. Coquebert de Montbret termine la lecture qu'il avait commencée dans la séance précédente, de son rapport sur un ouvrage manuscrit de M. Bertrand Roux, intitulé : *Description géognostique du Puy-en-Velay, et en particulier de la vallée au milieu de laquelle cette ville est située.*

L'Académie, conformément aux conclusions des commissaires, a accordé son approbation à l'ouvrage de M. Bertrand Roux, et l'engagera à le faire paraître.

M. Geoffroy Saint-Hilaire lit un Mémoire intitulé : *Considérations générales sur les organes sexuels.*

L'Académie va au scrutin pour la nomination d'un correspondant dans la Section d'Agriculture : M. Schwertz est élu.

M. Desfontaines, au nom d'une Commission, fait un rapport sur le Mémoire de M. Paulet, *relatif à la Synonymie des plantes de Théophraste.*

L'ouvrage de M. Paulet a exigé beaucoup de recherches et un savant également versé dans la connaissance des plantes et dans celle des langues anciennes. Quoiqu'on ne puisse pas affirmer que l'auteur ait également bien

réussi dans tous les points, son travail sera très-utile à tous ceux qui voudront lire Théophraste.

M. le baron Blin lit un Mémoire *sur un nouveau Principe d'harmonie.*

Séance du lundi 5 mai.

M. Turban envoie un *Mémoire concernant la Navigation dans l'intérieur de Paris*; M. de La Borne, un *Mémoire relatif à l'Influence de la multiplication des barreaux dans le circuit de M. Seebeck* (*voyez* le précédent Cahier); M. Metternich, une *Théorie complète des lignes parallèles.*

M. Coquebert de Montbret, au nom d'une Commission, rend compte de l'examen qu'elle a fait des Mémoires envoyés au concours pour le prix de statistique. Les deux pièces couronnées sont : une *Description manuscrite du département de la Haute-Loire*, par M. de Ribier; et le *Dictionnaire hydrographique de la France*, par M. Ravinet.

L'Académie procède au scrutin pour la nomination à la place de bibliothécaire, vacante par la mort de M. Charles. Le nombre des votans était de 49 : M. Feuillet a réuni 48 suffrages; il y avait un billet blanc. Le Bureau donnera connaissance de ce résultat aux autres Académies.

M. Chaussier, au nom d'une Commission, fait un rapport sur un Mémoire que M. Larrey avait présenté à l'Académie.

Le sujet de l'observation de M. Larrey est un soldat de la Garde royale, âgé de vingt-cinq à vingt-six ans; il reçut, d'avant en arrière, un coup de sabre qui traversa de

part en part tout le côté droit de la poitine; un épanchement sanguin énorme se forma dans la cavité thoracique; il fallut faire l'opération de l'empyème au côté droit; elle fut suivie d'un succès inattendu et complet.

Les changemens prodigieux qui se sont manifestés sur le sujet opéré par M. Larrey ont étonné les commissaires. Tout le côté blessé est réduit de moitié; les côtes ont perdu une partie de leur courbure et se touchent. Le cœur a suivi le déplacement du médiastin, de gauche à droite, et fait maintenant sentir ses battemens sous les cartilages des septième et huitième côtes *du côté droit*. Le parenchime du poumon de gauche paraît avoir acquis le double de ses dimensions. L'individu ne respire plus que par ce poumon.

La cure opérée par M. Larrey est, suivant les commissaires, une des plus remarquables de la chirurgie moderne. Le soldat, après la séance, s'est dépouillé de ses vêtemens devant les membres de l'Académie, qui ont pu reconnaître par eux-mêmes l'exactitude de tous les faits cités dans le Mémoire et dans le rapport.

M. Brongniart, au nom d'une Commission, lit un rapport sur le Mémoire de M. Becquerel, *relatif à l'Argile plastique d'Auteuil.*

Nous avons publié le Mémoire dans le tome précédent. Nous nous contenterons conséquemment d'ajouter ici que, sur la proposition des commissaires, l'Académie a accordé la plus flatteuse approbation au travail de M. Becquerel.

M. Gaymard, l'un des naturalistes qui ont accompagné M. Freycinet dans son voyage autour du monde, lit un Mémoire *sur la Forme des crânes des Papous.*

MM. Pelletier et Dumas lisent un Mémoire *relatif à la Composition élémentaire et à quelques propriétés caractéristiques des alcalis végétaux*. (Nous espérons pouvoir bientôt publier ce Mémoire.)

M. Cagniard de Latour dépose la Note que nous avons insérée dans les *Annales*, tome XXII, sur les résultats de l'application combinée de la chaleur et de la compression à certains liquides.

EXAMEN *du Sang et de son action dans les divers phénomènes de la vie.*

Par MM^rs J.-L. PRÉVOST et J.-A. DUMAS.

(Lu à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 15 novembre 1821.)

PARMI les causes qui peuvent influer sur les proportions ou la nature des principes constituans du sang, il est quelques accidens pathologiques auxquels nous avons dû donner de suite une attention particulière. En effet, lorsque toutes les facultés vitales jouissent de leur plénitude, la marche du sang dans les divers organes donne lieu à des phénomènes dont nous pouvons à peine soupçonner la nature. Les appareils sécréteurs qu'il traverse ont toujours excité la curiosité des physiologistes; et presque tous ceux d'entr'eux qui ont considéré la vie d'une manière générale ont hasardé des opinions hypothétiques à ce sujet. Il était difficile de faire cesser le vague des idées reçues, et de le remplacer par des faits positifs.

Car il semble, au premier abord, qu'on ne peut apprécier avec quelque certitude ce qui se passe dans un appareil sécrétoire, si l'on ne parvient à soumettre à l'analyse le sang qui s'y transporte, celui qui en sort, enfin le liquide sécrété lui-même; et la moindre réflexion prouve sans réplique qu'on se flatterait en vain d'obtenir de semblables données. Mais il est, dans quelques cas, un moyen légitime d'éluder cette difficulté, et nous allons en peu de mots l'exposer ici.

Le sang qui se rend à un appareil sécrétoire y arrive dans un certain état, éprouve en le traversant une influence quelconque, et rentre dans le torrent circulatoire, où il se mêle avec la masse entière du liquide sanguin. Mais si, par un moyen, quel qu'il fût, l'organe sécréteur était privé de son influence, le fluide qui le traverserait n'éprouverait pas plus d'altération dans son caractère spécifique que s'il avait passé dans un appareil de vaisseaux capillaires simples. Chaque aliquote de celui-ci porterait donc dans la masse en circulation un changement, d'abord entièrement inappréciable; mais, au bout de quelque temps, une foule de chocs de même nature ayant eu lieu, l'on pourrait présumer avec quelque raison que le sang ressemblerait en tout ou en partie à la fraction qui se rend dans l'état ordinaire à l'organe sécréteur. On pourrait alors aisément le soumettre à l'analyse, et comparer avec avantage sa composition à celle du même liquide dans l'état normal.

Au premier abord, il semble difficile de neutraliser l'action d'un organe sécréteur; et quelle que soit la marche que l'on adopte, elle paraîtra toujours susceptible de critique. L'ablation de l'organe met fin à toutes les

objections, et remplit parfaitement les conditions supposées ci-dessus. Il est question, dans ce Mémoire, des résultats que nous a fourni le sang des animaux sur lesquels on avait pratiqué la section des reins. Lorsque Haller écrivit sa *Physiologie*, Vésale était encore le seul expérimentateur qui l'eût essayée; et, chose singulière, c'est que ce célèbre anatomiste opéra d'une manière assez incorrecte pour avoir été forcé d'avouer qu'il n'avait pas su distinguer les symptômes propres à l'absence de l'organe de ceux conséquens à l'opération. Depuis lors M. Richerand semble être le seul physiologiste qui s'en soit occupé. Il cite, dans ses *Élémens*, quelques tentatives dont nous allons présenter un léger aperçu.

Il examine d'abord les effets produits par la ligature des urétères, et il trouve que la sécrétion de l'urine se continue, que ces canaux s'engorgent ainsi que le rein, et qu'il survient bientôt une affection générale à laquelle il donne le nom de *fièvre urineuse*, dont la conséquence nécessaire est la mort au bout de quelques jours. Mais cette opération laisse douter si l'urine a été formée, puis réabsorbée, ou si le rein n'a rempli ses fonctions que d'une manière partielle. Il passe ensuite à l'ablation des reins, qui lui fournit quelques résultats singuliers. Si l'on n'en enlève qu'un, l'animal n'est pas affecté; mais dès que ces deux organes viennent à manquer à la fois, il entre évidemment sous une influence pathologique qui se termine, au bout de quelques jours, d'une manière fatale. La vésicule biliaire se montre toujours gorgée dans les cadavres, et cette sécrétion semble, d'après M. Richerand, remplacer, dans ce cas, l'action des reins.

Ceci posé, nous avons dû chercher à obtenir par nous-mêmes une vérification convenable des faits avancés par cet estimable auteur, et nous avons observé les symptômes qui se développaient à la suite de cette opération, avec un soin particulier dont nos résultats feront mieux sentir toute la nécessité. Des raisons particulières ne nous permettent pas de détailler ici ces diverses expériences, et nous nous contenterons d'en offrir les conclusions générales. Nous avons opéré sur des chiens, des chats et des lapins. Ces derniers ne supportent pas l'opération à beaucoup près aussi-bien que les deux autres espèces; et nous avons eu plus de peine à obtenir un sujet propre à une investigation régulière. M. Richerand avait déjà fait la même observation.

D'ailleurs l'opération par elle-même n'offre réellement aucune difficulté. On choisit un individu maigre, et l'on pratique dans les tégumens de la cavité abdominale une incision qui, partant du tiers interne de la dernière côte et quelques lignes au-dessous d'elle, s'étend plus ou moins, selon la grandeur de l'animal, le long du bord interne du muscle carré lombaire. L'on introduit l'index de la main gauche dans la plaie, prenant garde de ne pas percer le péritoine. L'on détache doucement le rein de ses adhérences, et on l'amène au dehors au moyen d'un crochet ou d'une pince à errines. On le sépare du corps, après avoir lié ses vaisseaux avec soin. Quelques points de suture remettent les muscles divisés en contact et préviennent tout danger de hernie. On procède de la même manière pour la peau.

Lorsqu'on veut observer les phénomènes physiologiques qui suivent l'ablation des reins, il est mieux d'en-

lever d'abord le rein droit, à cause de ses connexions avec le foie, et de laisser un intervalle de quinze jours entre cette opération et la suivante. La première, si elle a été bien faite, n'altère en rien la santé de l'animal, quel qu'il soit, carnassier ou herbivore. Au bout de trois jours, la plaie se cicatrise, et aucun symptôme fâcheux ne se manifeste. Lorsque l'animal a perdu le second rein, il n'est guère affecté avant le troisième jour. Pendant cet intervalle, la plaie s'est fermée; il a repris sa gaieté, son activité; il mange bien, boit peu, dort comme à l'ordinaire; sa température, sa respiration, son pouls n'ont pas varié d'une manière bien décidée. Mais, au bout de ce temps, des déjections brunes, abondantes et très-liquides, ainsi que des vomissemens de même nature, annoncent le trouble survenu dans la constitution. Des exacerbations fébriles font monter la chaleur à 43° centig., tandis que, dans d'autres momens, elle descend jusqu'à 33°. Le pouls devient petit, dur et rapide; le nombre de ses pulsations s'élève quelquefois à deux cents par minute. La respiration est fréquente, courte, oppressée dans les derniers périodes. Enfin, tous les symptômes mentionnés s'aggravent, la faiblesse augmente, et l'animal meurt du cinquième au neuvième jour. Si l'on extrait les deux reins à la fois, l'inflammation qui en résulte abrège cet espace de temps, et le sujet ne va guère qu'au quatrième ou cinquième jour.

L'examen cadavérique nous offre comme phénomènes constans :

1°. L'effusion d'un sérum clair et limpide dans les ventricules du cerveau : la quantité s'en élève quelquefois à une once, dans un chien de moyenne taille.

2°. Les poumons semblent un peu plus denses que dans l'état de santé; les bronches contiennent beaucoup de mucus.

3°. Le foie paraît plus ou moins enflammé, la vésicule biliaire est remplie d'une bile verdâtre ou brun foncé.

4°. Les intestins contiennent des matières fécales, abondantes, liquides, de même couleur que la bile.

5°. La vessie urinaire est fortement contractée.

A ces symptômes, qui nous paraissent être les seuls que l'ablation des reins produise réellement, se joignent ceux que l'opération entraîne, en raison du désordre occasioné dans les parois de l'abdomen. Le plus souvent ils sont locaux et ne s'écartent pas de la partie offensée; mais dans quelques cas, et surtout lorsqu'on n'a pu se garantir d'une hernie, le mésentère manifeste une inflammation assez vive qui précipite la mort de l'animal. Dans les carnivores, dont le canal intestinal peu volumineux ne remplit pas entièrement la cavité abdominale, cet accident est assez facile à éviter; mais, dans les herbivores, il est plus rare qu'on termine l'opération sans hernie. C'est à cause de cette conformation que nous avons éprouvé quelque peine à nous procurer un lapin convenablement opéré.

L'urine des trois animaux que nous avons employés renferme une quantité d'urée considérable; elle est aussi chargée de quelques sels, dont les plus remarquables sont des sulfates, des phosphates et des hydrochlorates alcalins. Les deux premiers de ces acides ne se montrent pas dans le sang ordinaire, et ont fait présumer à M. Berzelius que le rein était un organe oxidant où s'opérait la

combustion du soufre et du phosphore, qu'il considérait comme élémens de l'albumine.

Au moyen de ces diverses données, et en réfléchissant qu'un chien de taille médiocre sécrète, en état de santé, un gros, et plus, d'urée dans les vingt-quatre heures, nous avons conçu l'espoir de décider la question relative aux fonctions du rein, par l'examen du sang d'un animal néphrotomisé. A cet effet, nous avons pratiqué cette opération sur les espèces précitées, et nous avons saigné les individus lorsque leur état faible et languissant nous a fait présumer qu'ils n'avaient que peu de temps à vivre encore. Nous avons examiné leur sang avec attention.

Nous avons vu d'abord qu'il était plus séreux que celui des mêmes animaux à l'état ordinaire, et que le sérum lui-même renfermait une proportion d'eau plus considérable. On devait s'y attendre en se rappelant que la transpiration cutanée est nulle chez ces animaux, et qu'elle ne peut par conséquent rétablir l'équilibre que l'annihilation des reins vient de détruire. Le sérum et le caillot desséchés, comme à l'ordinaire, ont été traités à l'eau bouillante jusqu'à ce que ce véhicule ait cessé d'avoir sur eux une action sensible. Les lavages évaporés ont été repris par l'alcool qui a dissous la matière désignée sous le nom de *substance mucoso-extractive* par M. le professeur Marcet, l'un des premiers qui l'aient bien distinguée. M. Berzelius a établi depuis, avec raison, qu'on devait considérer ce produit comme un mélange de lactate de soude et d'une matière animale particulière. Des traitemens parfaitement semblables ayant eu lieu sur du sang sain, nous avons vu que celui des ani-

maux opérés fournissait un résidu alcoolique deux fois plus considérable. Il était, dans les deux cas, de couleur brune, soluble à l'eau et à l'alcool, attirant vivement l'humidité de l'air, précipitant l'acétate et le nitrate de plomb ; mais celui que fournissait le sang des animaux néphrotomisés se concrétait en masse blanche et cristalline par l'acide nitrique. L'eau redissolvait presque entièrement ce dernier produit, et la dissolution aqueuse saturée au moyen d'un peu de carbonate de soude, puis évaporée, fournissait un résidu salin duquel l'alcool séparait de nouveau la matière animale qui reparaissait avec ses propriétés primitives. Ces divers signes nous dénotaient la présence d'une matière animale susceptible de combinaison avec l'oxide de plomb, d'une quantité d'urée considérable et d'une proportion assez forte de lactate de soude. Lorsqu'on détruisait les matériaux combustibles par l'ation de la chaleur, ce dernier laissait beaucoup de carbonate de soude pour résidu.

Ceci bien conçu, nous n'avons pas eu beaucoup de peine à imaginer un procédé propre à purifier notre urée. Nous transformons en nitrate le résidu des traitemens alcooliques, et nous laissons ce composé sur du papier sans colle pendant quelques heures. On sépare ainsi tout le lactate de soude, qui attire l'humidité atmosphérique et s'imbibe entièrement ; en redissolvant le nitrate dans l'eau, celle-ci laisse un petit résidu qui paraît être une combinaison de l'acide nitrique avec la matière animale précipitable par le plomb. L'évaporation du liquide reproduit ensuite le nitrate d'urée en paillettes nacrées parfaitement blanches. Il est facile,

par les moyens connus, d'en extraire l'urée pure et cristallisée.

Dans toute autre circonstance nous aurions pu nous borner à ces signes pour affirmer la présence de l'urée ; mais les conséquences de cette assertion sont tellement importantes qu'il était de notre devoir de porter la probabilité chimique aussi loin que possible.

Nous avons donc mêlé quelques grains de notre urée supposée pure avec de l'oxide de cuivre, et nous avons procédé à la combustion comme à l'ordinaire, en faisant passer les gaz sur une couche de tournure de cuivre rougie. Après en avoir recueilli 60 centim. cub. environ, on a reçu les dernières portions dans deux tubes étroits et gradués : 100 parties du gaz ont laissé dans le premier 48 d'azote pur, et dans le second 51 *idem* ; ce qui indique le rapport de un à un entre l'acide carbonique et l'azote.

0,069 de la même substance ont fourni 46 centim. cub. de gaz total à 0°, et sous la pression de 0,76 ; ce qui, d'après le rapport précédent, indique 23 centim. cub. azote, et 23 centim. cub. acide carbonique, d'où l'on déduit 0,02914 pour le poids de l'azote, et 0,01258 pour le carbone renfermé dans 0,06900 de cette urée.

Le résidu de cette dernière combustion soumis à l'examen dans un appareil particulier, que l'un de nous ne tardera pas à faire connaître, nous a fourni les données convenables pour apprécier le poids de l'oxigène et celui de l'hydrogène.

Voici nos résultats :

Urée du sang de chien.

29,14	azote	ou	42,23	azote.
12,58	carbone		18,23	carbone.
6,82	hydrogène		9,89	hydrogène.
20,46	oxigène		29,65	oxigène.
69,00.			100,00.	

L'analyse de l'urée extraite de l'urine a fourni les résultats suivans à M. Bérard, savant professeur de chimie à Montpellier :

Urée de l'urine.

43,4	azote.
19,4	carbone.
10,8	hydrogène.
26,4	oxigène.
100.	

La différence se confond avec les erreurs possibles dans des analyses de ce genre, et nous croyons qu'il est permis de conclure que l'urée du sang est identique avec celle de l'urine (1).

(1) Depuis la publication de ce Mémoire, nous avons eu de fréquentes occasions d'en discuter les résultats. Quelques personnes, dont l'opinion est à nos yeux du plus grand poids, ont paru craindre que, dans certains cas, l'urine restée dans la vessie ne fût susceptible de subir une absorption qui suffirait pour rendre raison de la présence de l'urée dans le liquide en circulation. Nous nous hâtons de déclarer que nous avons eu soin, dans chaque opération, de nous assurer que la vessie était sensiblement vide; mais, quand bien même nous eussions négligé cette considération importante, on concevra facilement que la présence d'une certaine quantité d'urine

Nous n'avons pas été aussi heureux dans la recherche des acides phosphorique et sulfurique. Il est vrai que jusqu'à présent nous n'y avons donné qu'une attention fort secondaire.

D'importans corollaires physiologiques se laissent déduire de l'existence de l'urée dans le sang, indépendamment de l'action des reins. Nous croyons pouvoir affirmer la réalité de ce fait, que nous prions de séparer soigneusement des conséquences que nous allons essayer d'en tirer, et sur lesquelles nous avouons qu'il est bien possible de se faire illusion.

Le rein paraît n'être qu'une surface éliminatrice analogue à la peau, comme l'avait déjà cru le D[r] Rollo (*On diabetes*, p. 308), et nous ignorons encore où se forment l'urée et les divers composans de l'urine. Si quelque chose pouvait nous tirer de cette obscurité, nous avons lieu de penser que c'est l'examen des urines dans des cas pathologiques bien décidés. En effet, tous les chimistes savent que l'urine des malades affligés d'hépatite chronique contient peu ou point d'urée ; ce qui sem-

---

dans la vessie n'est pas à redouter. En effet, l'opération exige une telle lacération, que toutes les parties musculaires éprouvent une contraction générale ; et comme elle se passe dans le voisinage de la vessie, celle-ci participe si bien à cet effet, que, avant qu'on ait pu découvrir le rein, l'animal a déjà rendu toute l'urine qui se trouvait accumulée. Aussi lorsque, par quelque accident, il vient à mourir dans le cours de l'opération, on trouve toujours, à l'autopsie, la vessie contractée au dernier point.

blerait prouver que les fonctions du foie sont nécessaires à sa formation.

Il en est de même des autres substances qui s'évacuent par l'intermède des reins. Rien ne peut nous éclairer sur le véritable siége de leur création, et nous resterons dans la même ignorance tant que nous manquerons d'analyses comparatives du sang et des sécrétions, sous diverses circonstances, et surtout lorsque ces dernières sont manifestement altérées en quantité et en qualité.

Dans cette nouvelle carrière que nous venons d'ouvrir, la pathologie trouvera, nous n'en doutons pas, la solution de plusieurs points difficiles. Ce n'est pas ici le lieu d'entrer dans de longs développemens; et si nous nous restreignons à quelques cas particuliers, nous osons espérer que personne ne voudra nous accuser de n'avoir pas saisi la question dans toute sa généralité.

Le siége véritable du diabétès a été le sujet de beaucoup de discussions savantes, qui ont cependant laissé la question indécise. Quelques médecins, à la tête desquels se trouve le Dr Rollo, ont cru que l'action morbide existait dans le canal digestif. D'autres, non moins dignes de confiance et de foi, pensent au contraire avec les Drs Henry, Ferriar, etc., que l'état irrégulier du rein est la première cause des symptômes. Ils se basent principalement sur ce que l'urée est une formation du rein et qu'elle est remplacée par la matière sucrée ou insipide, ainsi que sur l'absence de celle-ci dans le sang, d'après les expériences du Dr Wollaston, qu'ils opposent à celles des chimistes qui croient en avoir aperçu. La première de ces raisons tombe d'elle-même, et quelques réflexions

vont nous donner une idée exacte de la seconde. En effet, quelques expériences, qui seront détaillées plus tard, nous portent à penser, 1°. que l'urée est éliminée par le rein à mesure qu'elle se forme; 2°. que, lorsque cet organe est enlevé, le sang la retient en entier. Or, si nous admettons qu'il en est de même de la matière sucrée, nous pourrons concevoir sans difficulté que, dans les cas où le rein fonctionne bien, tout le sucre disparaît du sang, et que dans ceux où celui-ci joue son rôle d'une manière partielle, on en trouvera encore des quantités sensibles dans ce liquide. On ne peut se flatter de le rencontrer en masse bien notable tant que l'action du rein n'a pas été détruite. Ces diverses considérations nous semblent établir qu'il en est du sucre des diabétiques comme de l'urée, et nous avons quelque lieu de penser que ce principe exerce une action diurétique dont les principaux symptômes du diabétès pourraient être déduits. D'ailleurs cette supposition confirme pleinement le mode de traitement en usage, et nous explique assez bien les bons effets d'une nourriture azotée; mais elle permet aussi d'espérer que de nouvelles recherches pourront amener des résultats intéressans sur le choix des alimens et sur le point de vue qui doit diriger la médication.

Nous trouvons encore ici des éclaircissemens sur quelques phénomènes de la goutte qui confirment entièrement la découverte elle-même. La présence des calculs de lithate de soude dans les articulations aurait déjà dû faire penser que ce principe existait dans le sang. Nous savons d'ailleurs que la sécrétion urinaire se charge d'une forte portion d'acide lithique lorsque le paroxysme se manifeste

sur les reins, et que les articulations vivement affectées sont les seules qui renferment les concrétions du lithate alcalin. Si l'analyse nous prouvait qu'au commencement de l'attaque le sang contient plus d'acide lithique qu'il n'est possible au rein d'en séparer, nous verrions, dans le trouble général qui est le début du paroxysme, le résultat de cette action morbide du sang, et, dans le point affecté, un siége momentané de sécrétion.

La plupart des maladies calculeuses, soit celles du rein, qui sont dues ordinairement au dépôt d'acide lithique, soit celles de la vessie, qui sont très-variées, recevront des améliorations dans leur traitement lorsqu'on aura bien établi l'état particulier du sang qui les occasione.

L'hydropisie générale, l'hématurie et beaucoup d'autres affections, puiseront un nouveau jour dans ce point de vue particulier. Les caractères de l'urine acquerront un intérêt très-puissant, en ce qu'ils serviront à désigner l'état de la masse du sang et le genre d'altération auquel ce fluide important se trouve soumis.

N. B. Les physiologistes qui seront curieux de s'assurer par eux-mêmes de la vérité des faits énoncés dans ce Mémoire n'éprouveront pas beaucoup de difficultés. Cinq onces du sang d'un chien qui a vécu sans rein pendant deux jours seulement fournissent plus de vingt grains d'urée; et deux onces du sang d'un chat, dans les mêmes circonstances, en donnent plus de dix grains. Ces quantités sont parfaitement appréciables par les chimistes les moins expérimentés. Nous ne leur conseillons pas de

s'essayer sur des lapins, parce qu'ils résistent moins bien à l'opération.

C'est avec un plaisir bien vif que nous avons vu se réaliser le vœu que nous avions formé lors de la rédaction de ce Mémoire. M. Vauquelin, dont le nom se rattache à tant de recherches utiles et honorables, a bien voulu consacrer quelques instans d'une vie si laborieuse à répéter les analyses dont on vient de lire le résultat. M. Segalas, jeune physiologiste, qui s'était joint à lui dans cette circonstance, a publié les faits qu'ils avaient observés, et n'a pas hésité à conclure de leur ensemble que l'urée est un diurétique fort actif.

Note historique *sur les Bateaux à vapeur, et Exposition succincte de deux systèmes de roues à aubes, applicables à ces bateaux.*

Par Mr C.-P. Molard, de l'Académie des Sciences.

Ce fut en 1737 qu'on publia, à Londres, un premier projet de bateau à vapeur dans un petit ouvrage sous le titre suivant : *Description et dessin d'une nouvelle machine pour faire entrer les vaisseaux dans une rade, port ou rivière, et les en faire sortir, contre vent et marée, au moyen de la force de la vapeur*; par Jonatham Holts.

Le titre de cet ouvrage prouve que l'auteur n'avait qu'un plan très-borné de vaincre plutôt des difficultés locales, que de donner un mouvement continu à ces bâtimens pour la navigation de la mer et celle des rivières.

Il discute la question, si la machine à vapeur doit être

placée dans l'intérieur du bâtiment, ou s'il faudrait l'établir dans un bateau qui, attaché au bâtiment, pourrait le faire avancer.

Pour plusieurs raisons, il préfère ce dernier parti; en sorte que son projet est très-exactement celui d'un bateau à vapeur destiné spécialement à conduire diverses embarcations, ainsi qu'il l'indique.

En 1768, Pancton, dans son ouvrage intitulé *Théorie de la vis d'Archimède*, après avoir indiqué le *ptérophore*, qu'on place sous l'eau, dans la direction du navire, pour mesurer le sillage, comme pouvant servir de moteur hydraulique, il le considère en même temps comme un moyen de remplacer la rame, qui sert à faire mouvoir un vaisseau sur la superficie de l'eau.

La grandeur du *ptérophore*, entièrement noyé sous l'eau ou bien immergé jusqu'à l'axe, dépendra, dit l'auteur, de celle du vaisseau, et la courbure de la *sciadique*, de la vitesse avec laquelle on se proposera de voguer (page 210).

Jean-Baptiste Leroy, membre de l'Académie des Sciences, m'a dit plusieurs fois que Franklin avait essayé ce moyen de navigation sur la Seine, à Passy, mais que cette expérience n'avait pas été continuée assez longtemps pour pouvoir en publier les résultats.

En 1777, M. le marquis Ducrest, dans ses *Essais sur les machines hydrauliques*, annonce qu'il est très-possible de faire remonter les bateaux par le moyen des machines à feu. « Mais je pense, dit l'auteur, que, pour » être sûr d'un plein succès, il faudrait que le diamètre » du cylindre fût au moins de 40 pouces, et même au- » delà, si cela se peut, comme je crois.

» Il serait à propos que la machine fût sur un bateau
» construit exprès pour la porter, lequel remorquerait
» les bateaux qu'on voudrait faire remonter.

» Au reste, ajoute M. Ducrest, je ne saurais donner
» trop d'éloges au mécanisme ingénieux de la machine
» exécutée par M. Perrier, dont les talens pour la méca-
» nique sont si avantageusement connus du public.

» Aussi je ne doute pas qu'elle ne réussisse parfai-
» tement en augmentant de beaucoup le diamètre du
» cylindre, lequel n'était que de 8 pouces, et qui aurait
» dû être, comme je l'ai dit, de 40 pouces au moins. »

L'auteur n'est entré dans aucun détail sur la compo-sition du mécanisme particulier employé par M. Perrier pour faire remonter les bateaux, en s'appuyant sur le courant, et il n'est pas à ma connaissance que cet habile ingénieur en ait publié la description.

Vers l'année 1780, M. le marquis de Jouffroy établit sur la Saône un bateau à vapeur muni de deux roues à aubes ordinaires placées sur les côtés du bâtiment, et auxquelles la machine à vapeur imprimait le mouvement de rotation. L'auteur a construit, il y a peu d'années, un bateau de ce genre qu'on a pu voir sur la Seine.

Plusieurs autres expériences ont été faites pour l'application de la machine à feu et d'autres moteurs, à la navigation, tant des rivières que de la mer.

Stanhope, en Angleterre, Rumsay et Fitch, en Amérique, Demandres et Thilorier, à Paris, ont fait plusieurs tentatives pour s'assurer jusqu'à quel point les machines à feu et autres moyens mécaniques pouvaient être utiles dans la navigation.

Fitch, dont nous avons parlé, construisit des ma-

chines à rames dont le mouvement imitait celui des rames ordinaires.

Des personnes qui les ont mises en usage s'accordent à dire que la fréquence des réparations que ces machines exigent leur ôte tout leur mérite.

Rumsay pensa mieux faire en se servant de l'élément dans lequel on navigue : il imagina d'aspirer, à force de vapeur, l'eau par la proue, et de l'expulser par la poupe de manière que, dans l'un et l'autre cas, il disposait le vaisseau à aller en avant.

Il est parvenu, en effet, par ce moyen, à faire sur mer trois quarts de lieue de chemin dans une heure. Cette lenteur ne répondait pas aux brillantes espérances qu'on avait conçues de ce moyen de navigation.

Stanhope prit son modèle dans la nature animée : il imita la patte d'oie mise en mouvement par la machine à vapeur.

Nous passerons sous silence les moyens employés par MM. Demandres, Thilorier et beaucoup d'autres ingénieurs, pour faire remonter les bateaux sans le concours des machines à vapeur, parce qu'ils sont généralement connus et qu'ils ont été publiés dans divers ouvrages.

On sait que depuis plusieurs années il a été établi, d'après les plans de M. Fulton, célèbre ingénieur américain, sur tous les fleuves des Etats-Unis, pour les messageries, de longs bateaux mis en mouvement par la machine à vapeur : cette machine fait tourner, de chaque côté du bateau, une grande roue à aubes, qui, en frappant l'eau avec beaucoup de force, pousse le bateau avec une telle rapidité, que, en remontant la rivière d'Hudson,

on n'emploie que 22 heures pour faire les 53 lieues qui séparent New-Yorck d'Albany.

On sait aussi que, dans la dernière guerre des Etats-Unis, le même ingénieur conçut et exécuta son gros bâtiment de guerre, fruit d'une haute et forte pensée.

Il jugea que l'on pourrait placer au milieu d'un vaisseau de guerre la machine à vapeur avec une roue de grandeur suffisante pour le mettre en mouvement, et il a réussi.

Cette frégate, nommée *la Gardienne des Ports*, est trop connue pour qu'il soit nécessaire d'expliquer la composition de ce nouveau et puissant moyen de défense.

M. Jernsted, auteur des bateaux à vapeur, qui ont fait l'objet de l'intéressant Rapport lu à l'Académie des Sciences, le 13 septembre 1819, par M. Rossel, n'a employé qu'une roue au milieu du bâtiment, laquelle a cela de particulier que les pales ou les aubes, dans quelque situation qu'elles puissent se trouver, conservent l'inclinaison la plus avantageuse pour faire avancer le bateau.

Une roue analogue à celle de M. Jernsted est décrite et gravée dans l'*American monthly Magazine*, pour décembre 1817, publié à New-Yorck.

L'usage de cette roue a été abandonné de l'aveu de l'auteur même, M. Busby, après l'avoir essayée sur l'un des bateaux-bacs, comparativement avec une autre roue à aubes ordinaires, placée à l'arrière du bâtiment.

Je pense que le frottement du mécanisme employé à manœuvrer les aubes est la principale cause qui a fait abandonner cette espèce de roue. En examinant cet

objet, j'ai pensé qu'on pourrait employer avantageusement un mécanisme analogue à celui qu'on remarque dans le pupitre tournant, gravé et décrit par Ramelli; mécanisme qui a la propriété de maintenir les tablettes des pupitres, placées vers la circonférence d'une grande roue, dans la même position qu'on leur donne, lors même qu'on fait tourner la roue. Comme cet effet est produit par des roues d'engrenage qui éprouvent très-peu de résistance, je suis porté à croire qu'il pourrait être employé avec succès, soit sur les bateaux à vapeur, soit comme roue hydraulique à aubes ou à pales.

Réfléchissant depuis long-temps sur les meilleurs moyens de s'appuyer sur l'eau pour faire avancer un bâtiment placé à la surface de cet élément, j'ai imaginé un système d'aubes verticales complètement immergées et tournant dans un plan horizontal, que je me propose de substituer aux roues à aubes ordinaires dans les bateaux mus par la machine à vapeur. Ces roues à aubes horizontales sont disposées de manière qu'il est nécessaire d'en employer deux dans le même plan, soit à l'avant, soit à l'arrière du bâtiment, et qu'il suffit de ralentir le mouvement de l'une ou de l'autre pour faire dévier de la ligne droite le bâtiment qui les porte, effet d'ailleurs auquel concourt le gouvernail ordinaire.

Entr'autres propriétés de ce système de roues à aubes, tournant autour d'un arbre vertical, je ferai remarquer celle-ci, savoir, que si l'on fixe sur un cours d'eau le bateau qui en est muni, les roues tournent par l'impulsion seule du courant.

Mes honorables collègues, MM. Ampère et Cauchy, que j'avais pris la liberté de consulter en 1815 et 1816,

avant de faire une application de ce nouveau système de roues à aubes, ont pensé qu'il serait nécessaire de les soumettre à une expérience.

C'est ce que je me propose de faire très-incessamment dans l'une des propriétés de M. le duc de Trévise, au Plessy-Lalande.

Aussitôt que j'aurai obtenu quelque résultat, je m'empresserai de le faire connaître avec les dessins et la description de tout l'appareil.

SUR *les nouvelles Parures métalliques de M.* Barton.

IL n'est personne qui n'ait eu l'occasion d'observer, en se promenant dans un jardin, par un beau soleil, combien sont vives et variables, dans certaines positions de l'œil, les couleurs prismatiques que renvoient les fils d'araignée. Une raie très-fine, sur un miroir métallique bien poli, donne naissance à des iris semblables; les couleurs deviennent surtout remarquables quand elles se forment sur une portion du métal où l'on a tracé un grand nombre de ces lignes à des intervalles réguliers et fort petits.

Plusieurs physiciens s'étaient anciennement occupés de la théorie de ces couleurs; on a essayé depuis peu de les assimiler à celles des lames minces; mais le D[r] Thomas Young a incontestablement prouvé qu'elles sont produites par des interférences de rayons.

M. Barton, de la Monnaie de Londres, a eu l'idée,

dont il s'est assuré la propriété par un brevet d'invention, d'employer ces traits pour donner aux parures métalliques, si généralement ternes le soir à la lumière des bougies, de brillans reflets irisés qui rivalisent avec ce que les parures de diamans offrent de plus éclatant.

M. Barton trace ces traits sur l'acier en employant, comme tracelet, une pointe très-fine de diamant, et en se servant, pour conducteur, d'une vis micrométrique parfaite que lui a laissé, en mourant, M. Harrison, son beau-père : il est parvenu ainsi à renfermer 10000 traits dans l'étendue d'un pouce anglais ; le plus ordinairement, cependant, il ne les resserre pas autant : il se borne à 2000 par pouce. La plaque d'acier sert ensuite à transporter, *par impression*, les mêmes traits sur toutes sortes de corps.

Nous avons eu l'occasion de voir à Paris, dans les mains d'un voyageur anglais, plusieurs objets, et entr'autres des boutons de cuivre, sur lesquels M. Barton avait, soit directement, soit par impression, tracé des dessins variés qui produisaient, à la lumière des bougies, les plus belles iris. Ce travail, quoique d'une netteté remarquable, ne nous a pas paru supérieur à ce qu'avait pratiqué, dans ce genre, M. Richer père, que la mort vient de nous enlever. Du reste, comme les procédés de cet artiste sont parfaitement connus de ses enfans, ceux de nos joailliers qui desireraient essayer quel sera le goût du public sur ce nouveau genre d'ornemens, trouveront, dans la capitale même, à la source que nous leur indiquons, tous les moyens d'exécution nécessaires.

JOURS.	9 heures du matin — Barom. à 0°.	9 heures du matin — Therm. extér.	9 heures du matin — Hygr.	Midi — Barom. à 0°.	Midi — Therm. extér.	Midi — Hygr.	3 heures du soir — Barom. à 0°.	3 heures du soir — Therm. extér.	3 heures du soir — Hygr.	9 heures du soir — Barom. à 0°.	9 heures du soir — Therm. extér.	9 heures du soir — Hygr.	Thermomètre maxim.	Thermomètre minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
1	765,46	+12,2	64	764,96	+17,2	54	764,20	+19,0	53	764,43	+14,9	67	+19,4	+ 6,0	Légères vap. à l'horiz	N. E. fort.
2	764,80	+17,2	69	764,33	+20,8	53	763,02	+22,0	54	762,42	+17,3	66	+22,8	+ 8,8	Légers nuag. à l'horiz.	E.
3	763,05	+19,2	71	762,40	+21,8	62	761,83	+23,1	58	762,04	+17,7	69	+23,1	+10,3	Beau.	E N. E.
4	764,62	+13,5	78	764,20	+15,8	65	763,30	+17,0	59	763,47	+12,2	69	+17,0	+10,0	Légères vapeurs.	N. N. E.
5	762,03	+13,1	66	760,80	+18,0	53	759,32	+19,4	51	757,77	+15,5	59	+20,8	+ 6,5	Beau.	E. N. E.
6	755,00	+20,0	67	755,33	+23,9	65	757,42	+25,7	62	754,38	+19,4	71	+25,8	+ 7,5	Légers nuages.	S E.
7	754,60	+24,5	70	754,36	+27,5	65	753,68	+28,4	54	754,34	+22,0	83	+29,4	+13,2	Légers nuages.	S S. O.
8	755,50	+14,8	95	756,26	+15,0	92	755,66	+19,0	79	754,73	+14,4	89	+19,0	+13,8	Pluie fine.	N. O.
9	757,68	+14,4	70	757,76	+16,5	67	757,27	+17,4	65	757,03	+13,2	96	+17,4	+ 7,8	Nuageux.	O.
10	755,26	+16,2	85	755,16	+19,2	70	754,75	+19,7	77	754,10	+16,3	95	+19,8	+12,1	Couvert.	O. S. O.
11	755,15	+17,1	74	754,23	+20,0	72	753,00	+17,1	83	753,62	+16,2	85	+20,0	+12,0	Très nuageux.	S. O. fort.
12	754,10	+16,1	89	753,77	+21,2	75	753,93	+19,2	77	753,34	+16,6	93	+21,2	+14,0	Couvert.	S. O. fort.
13	753,06	+16,0	84	753,63	+18,9	66	753,20	+17,0	79	752,24	+11,8	91	+18,9	+11,1	Quelques éclaircies.	O. S. O.
14	753,66	+13,2	71	754,52	+13,2	70	755,60	+14,5	65	758,00	+ 8,0	81	+14,5	+ 6,8	Très-nuageux.	O.
15	759,90	+14,7	70	760,47	+15,0	71	761,63	+15,5	70	763,97	+11,2	79	+15,5	+ 5,3	Très-nuageux.	O. S. O.
16	763,92	+17,6	69	762,98	+19,9	65	761,43	+21,6	61	760,00	+14,8	80	+21,6	+ 6,2	Nuageux.	S. O.
17	758,74	+19,1	81	759,00	+20,2	74	759,15	+20,0	67	760,40	+14,5	98	+21,3	+10,0	Couvert, pluie.	S O.
18	760,81	+16,5	69	760,00	+19,0	71	758,50	+20,8	68	756,72	+13,8	84	+20,8	+ 8,8	Nuageux.	S.
19	753,23	+16,5	87	752,82	+21,7	74	751,53	+21,5	76	751,20	+14,8	94	+21,8	+11,2	Couvert.	S.
20	749,85	+15,5	91	749,82	+21,9	79	749,13	+23,2	75	748,10	+15,3	96	+23,3	+13,0	Couvert.	S.
21	752,70	+18,8	84	752,36	+19,1	71	751,64	+19,2	68	752,68	+12,0	88	+19,3	+12,0	Nuageux.	S. S. O.
22	754,41	+16,5	74	754,44	+18,2	70	754,00	+15,0	74	756,16	+13,2	85	+18,3	+ 8,8	Nuageux.	S. O. fort.
23	755,77	+17,8	80	756,96	+17,9	65	756,75	+17,9	63	757,30	+12,5	86	+18,0	+10,8	Couvert.	O. S. O.
24	757,70	+18,9	82	757,17	+20,1	76	756,07	+21,5	74	754,47	+16,0	86	+21,5	+ 9,0	Nuageux.	S.
25	752,02	+17,8	84	751,56	+18,6	90	750,82	+21,2	78	751,60	+14,2	90	+21,2	+11,8	Pluie par intervalles.	S
26	751,30	+17,5	75	750,80	+18,1	72	750,72	+18,8	71	752,20	+11,7	97	+18,8	+ 9,3	Très-nuageux.	S.
27	754,64	+14,0	80	754,68	+16,5	77	754,14	+16,8	78	754,52	+12,4	98	+19,0	+ 9,3	Couvert.	O.
28	754,09	+13,8	97	753,65	+18,2	87	752,79	+21,2	62	753,87	+17,7	75	+21,5	+11,5	Très-nuageux.	N. E.
29	756,82	+15,1	79	756,75	+18,1	68	757,11	+19,0	67	758,64	+14,6	69	+19,0	+10,5	Beau.	N. N. E. fort.
30	760,97	+14,7	82	760,76	+18,5	76	760,30	+20,5	70	760,36	+16,4	79	+20,5	+ 8,8	Beau.	N.
31	760,20	+19,5	75	759,64	+22,7	73	758,73	+23,6	66	758,67	+19,7	79	+24,4	+10,5	Nuages à l'est.	N.
1	759,89	+16,5	74	759,56	+19,5	65	758,74	+21,1	61	758,47	+16,3	76	+21,4	+ 9,6	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	756,24	+16,2	78	756,12	+19,1	72	755,80	+19,0	72	755,76	+13,7	86	+19,9	+ 9,8	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 5,431
3	755,51	+16,8	81	755,34	+18,7	75	754,91	+19,5	70	755,49	+14,6	85	+20,1	+10,2	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 5,137
	757,16	+16,5	78	756,95	+19,1	71	756,43	+19,8	68	756,54	+14,8	82	+20,5	+ 9,9	Moyennes du mois, +15°,2.	

Suite *de la Réponse de M.* A. Fresnel *à la Lettre de M.* Poisson.

Je crois avoir justifié, dans ma première Lettre, la conséquence du principe général de continuité sur laquelle repose la solution que j'ai donnée depuis longtemps du problême de la diffraction : dans cette seconde Lettre, je vais répondre aux objections que vous me faites sur l'explication de la réfraction, ainsi qu'aux articles de l'extrait de votre Mémoire où il est question de mes opinions théoriques touchant la cause de la dispersion et la nature des vibrations lumineuses.

Dans mon explication de la réfraction, qui n'est au fond que celle de Huygens combinée avec le principe des interférences, j'ai appliqué au cas où la lumière passe d'un milieu dans un autre, la méthode qui m'avait servi à calculer les phénomènes de la diffraction. La démonstration de Huygens établit bien, à mon avis, la loi de Descartes pour chaque onde incidente en particulier, si l'on entend, par la surface de l'onde réfractée, celle dont tous les points éprouvent simultanément le *maximum* d'agitation, parce que c'est en effet sur la surface qui satisfait à la loi de Descartes que les petits ébranlemens élémentaires coïncident le mieux; c'est une conséquence de la propriété générale des *maxima* et *minima*, et qui doit s'appliquer, dans tous les cas, à la surface où parviennent en même temps tous les ébranlemens de première arrivée. Il résulte de l'explication de Huygens, comme aussi, je crois, de votre analyse, que l'onde incidente la plus mince doit

toujours produire une onde réfractée très-étendue en arrière de la surface du *maximum* d'ébranlement, qui en forme la tête et dont le reste en est la queue, si l'on peut s'exprimer ainsi; mais, à partir de la tête de l'onde, l'agitation du fluide s'affaiblit rapidement. Dans la réalité, les ondes lumineuses conservent cependant, après la réfraction, la même constitution qu'elles avaient auparavant, et sont seulement rétrécies suivant le rapport des vitesses de propagation de la lumière dans les deux milieux. Cela tient à ce que les ondes produites par la même particule éclairante, au lieu d'être isolées, se succèdent régulièrement et sans interruption pendant un grand nombre d'oscillations de cette particule : or, il s'ensuit que si la vitesse dont elle est animée à chaque instant est proportionnelle au sinus du temps, comme cela a lieu pour tous les petits dérangemens d'équilibre, les vitesses absolues apportées par les ondes seront aussi proportionnelles au sinus du temps, non-seulement dans le premier milieu, mais encore dans le second après la réfraction. On démontre aisément, d'après le principe de la composition des petits mouvemens, que, quelle que dût être l'étendue de ce que j'appelais tout-à-l'heure la queue d'une onde isolée, après la réfraction comme avant, il doit résulter de la succession régulière et indéfinie de toutes ces ondes et de leurs superpositions partielles, une série d'ondes *sinusoïdales*, c'est-à-dire, pour lesquelles les vitesses absolues d'un même point du fluide sont proportionnelles au sinus du temps. C'est ce que j'ai expliqué en détail dans mon *Mémoire sur la double réfraction*, comme vous avez pu le voir, ayant été nommé commissaire par l'Académie des Sciences pour juger la

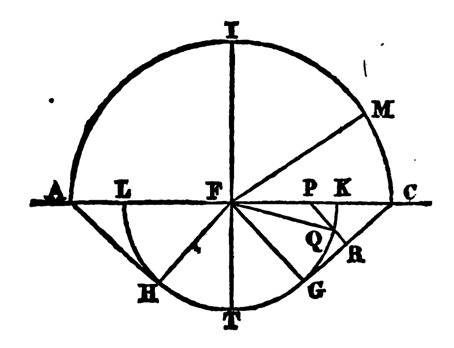
partie théorique de ce Mémoire. Je crois donc inutile de revenir sur ce sujet, à moins que la démonstration dont je parle ne vous paraisse pas satisfaisante.

Le principe qu'elle établit n'a pas seulement l'avantage de servir à prouver que la loi de Descartes est une conséquence du système des vibrations lumineuses; mais, ce qui me semble beaucoup plus important pour l'avancement de la science, le même principe donne les moyens de calculer la marche et l'intensité des rayons réfractés dans le cas où la surface réfringente est limitée ou discontinue; problême que vous n'avez pas encore résolu par vos méthodes savantes et avec toutes les ressources de haute analyse que vous possédez. Je ne doute pas néanmoins que vous n'y parveniez : alors les résultats auxquels vous arriverez vous paraîtront bien plus rigoureusement établis que ceux qu'on déduit si simplement du principe des interférences; mais en définitive ils seront les mêmes.

L'explication de Huygens, appliquée à une onde isolée, est une abstraction; combinée avec la supposition d'une série d'ondes sinusoïdales, elle devient une représentation des faits et un moyen d'en calculer les lois dans les cas les plus généraux et les plus compliqués. Voilà pourquoi j'ai cru utile de faire cette modification ou plutôt cette addition à l'explication de Huygens. Après m'être justifié à cet égard, je vais essayer maintenant de répondre aux difficultés qui vous font rejeter mon explication de la réfraction.

Vous m'objectez que les ondes élémentaires produites dans le second milieu par chaque point ébranlé de la

surface réfringente ne peuvent pas être sphériques ou hémisphériques, comme je le suppose. Soit *AC* la sur-



face de séparation des deux milieux et *F* un point ébranlé de cette suface : considérons d'abord le milieu supérieur, que je supposerai être celui dans lequel la lumière se propage le plus promptement. Il est possible que le mouvement du point *F* ne se communique pas avec la même rapidité aux molécules situées dans les directions différentes *FM* et *FI*, tant qu'il s'agit de molécules très-voisines de la surface *AC* et qui peuvent ressentir l'influence du second milieu ; mais sorti de cette sphère d'activité, dont vous considérez l'étendue comme négligeable, l'ébranlement doit se propager dans le milieu supérieur aussi promptement que si l'autre milieu n'existait pas, et par conséquent avec des vitesses égales dans toutes les directions *FI*, *FM*, etc. ; d'où résulte une onde hémisphérique, ou du moins dont la forme sphérique ne peut être altérée que sur les rayons très-voisins de *AC* : la surface de cette onde sera celle où se font sentir simultanément les ébranlemens de première arrivée ; car l'ébranlement du point *F* ne peut pas

arriver plus promptement à cette surface que par les lignes droites *FI*, *FM*, etc. Il n'en est plus de même dans le second milieu, ainsi que vous me l'avez fait observer; c'est-à-dire que, pour certaines directions telles que *FQ*, l'ébranlement arrivera plus promptement en *Q* par la ligne brisée *FPQ* que par la ligne droite *FQ*, s'il a parcouru *FP* dans le milieu supérieur; mais encore faut-il que le sinus de l'angle *TFQ* du rayon *FQ* avec la normale *FT* surpasse le quotient de la vitesse de propagation dans le second milieu divisée par la vitesse de propagation dans le premier, c'est-à-dire que le rayon *FQ* sorte des limites de la réfraction. Entre les rayons *FG* et *FH*, inclinés de manière que les sinus des angles *HFT* et *TFG* soient égaux au rapport dont je viens de parler, le lieu des ébranlemens de première arrivée est évidemment la portion de surface sphérique *HTG*. Le reste de l'hémisphère compris entre ces rayons et *AC* satisfait aussi à la même condition pour les ébranlemens qui se sont propagés uniquement dans le milieu inférieur, depuis leur départ du point *F*. Quant à ceux qui se seraient propagés en partie par le premier, et en partie par le second milieu, les points les plus éloignés qu'ils puissent atteindre au même instant sont ceux de la surface conique tronquée qui serait tangente à la surface sphérique *LHGK*, et aurait pour base le grand cercle *AC* de l'onde hémisphérique *AIC* produite au même instant dans le milieu supérieur. En faisant abstraction d'abord des rayons provenant de ce second mode de propagation, on pourra appliquer aux autres tout ce que j'en ai dit dans l'explication de la loi de Descartes; et considérant ensuite les

rayons qui se sont propagés par les deux milieux, on démontrera aisément qu'ils se détruisent mutuellement en chacun des points de l'onde réfractée où on les fera concourir.

Mais il est un moyen très-simple d'éviter l'objection que vous tirez de la forme des ondes élémentaires, c'est de les faire partir d'un plan parallèle à la surface réfringente situé dans le second milieu, au lieu de placer leurs centres sur cette surface même. Dans le cas que j'ai considéré, où l'onde incidente étant plane, les rayons incidens sont parallèles, il est clair que les différences entre les instans d'arrivée des divers rayons à ce second plan seront les mêmes que les différences entre leurs instans d'arrivée à la surface réfringente, puisqu'ils devront tous employer le même intervalle de temps à parcourir l'espace compris entre ces deux plans, vu la similitude des circonstances. Ainsi, rien ne sera changé aux conséquences qu'on déduit de ces différences; et les centres des ondes élémentaires se trouvant alors situés dans l'intérieur du second milieu et aussi éloignés qu'on voudra de la surface réfringente, on ne pourra plus objecter que ces ondes ne sont pas sphériques, surtout dans la portion de leur surface qui concourra à la formation de l'onde réfractée. Cette légère modification apportée à l'explication de la loi de Descartes aura encore l'avantage de rendre applicable à ces ondes élémentaires le raisonnement par lequel j'ai montré dans ma Lettre précédente que les rayons partis d'un centre d'ébranlement très-peu étendu peuvent être regardés comme sensiblement égaux en intensité quand ils sont presque parallèles, alors même que toutes les vibrations des molécules

comprises dans le petit centre d'ébranlement s'exécutent suivant une seule direction.

Après avoir répondu aux objections contenues dans votre Lettre, je me permettrai quelques observations sur plusieurs endroits de l'extrait de votre Mémoire qui la précède. Vous me reprochez, page 263, d'avoir dit dans le *Supplément à la Chimie de Thomson*, qu'il est aisé de voir que les ondes étroites doivent parcourir un peu *plus* lentement le même milieu élastique que les ondes plus larges (1), lorsque la sphère d'activité des forces moléculaires s'étend à une distance qui n'est plus négligeable vis-à-vis la longueur d'ondulation. A la vérité, je m'étais borné à énoncer ce théorême sans le démontrer, à cause du cadre étroit dans lequel j'étais obligé de me resserrer en rédigeant un article sur la lumière pour le *Supplément à la traduction française de la Chimie de Thomson*; mais j'en ai donné une démonstration très-simple dans mon Mémoire sur la double réfraction, que vous avez eu entre les mains, et où vous pouvez encore voir cette explication (si elle vous a échappé à la première lecture), puisqu'il a été déposé au secrétariat de l'Institut.

J'ai aussi expliqué en détail dans ce Mémoire de quelle manière je concevais la propagation des vibrations trans-

---

(1) J'attache ici aux expressions *larges* et *étroites* le même sens que M. Poisson, c'est-à-dire que je veux parler de l'étendue de l'onde suivant la direction du rayon, qui est effectivement la plus petite dimension d'une onde sphérique; c'est cette dimension que j'ai appelée dans mes Mémoires, et que j'appelle encore, dans cette Lettre, *longueur d'ondulation*.



versales perpendiculaires aux rayons lumineux. J'avais déjà exposé mes idées sur ce sujet avec assez de développement dans les *Considérations mécaniques sur la Polarisation de la lumière*, tome XVII des *Annales de Chimie et de Physique*, page 179 : j'avais montré comment ces petits déplacemens des molécules qui oscillent parallèlement à la surface des ondes peuvent se transmettre d'une tranche à l'autre du fluide, et comment la résistance des molécules à ces petits déplacemens peut se concilier avec l'état de fluidité du milieu vibrant. Il me semble donc inutile de revenir maintenant sur ce sujet : j'attendrai pour cela que vous ayez combattu les raisons par lesquelles j'ai démontré la possibilité de ce mode de propagation. Je vous répéterai seulement ici ce que j'ai déjà eu l'honneur de vous dire plusieurs fois : c'est que les équations du mouvement des fluides élastiques dans lesquelles vous croyez devoir trouver tous les genres de vibration dont ils sont susceptibles, ne sont au fond qu'une abstraction mathématique très-éloignée de la réalité; elles supposent ces fluides composés de petits élémens contigus et compressibles proportionnellement à la pression. Cette hypothèse représente bien leurs propriétés statiques, mais non leurs propriétés dynamiques ; car, par exemple, on n'en déduirait pas le frottement; ce qui tient à ce qu'on suppose entre les molécules une contiguité qui n'existe pas. C'est donc à tort que vous croyez pouvoir décider, d'après l'accord ou la discordance entre les phénomènes de l'optique et les conséquences tirées de vos équations, si la lumière consiste en effet dans les vibrations d'un fluide universel dont la nature vous est inconnue. Je doute même que vos équations puissent

vous donner toutes les vibrations des ondes sonores, quoique vous connaissiez beaucoup mieux les propriétés de l'air que celles de ce fluide universel.

L'hypothèse des vibrations transversales dans les ondes lumineuses n'est pas seulement nécessaire pour expliquer le phénomène singulier de la non-interférence des rayons polarisés à angle droit, mais encore pour concevoir la polarisation elle-même; car si l'on n'admet avec vous que des mouvemens perpendiculaires aux ondes, c'est-à-dire, dirigés suivant les rayons, tout devient semblable autour de ces rayons, et ils doivent avoir les mêmes propriétés de tous les côtés. Je suis surpris qu'une réflexion si simple ne vous ait pas ôté l'espoir de représenter les phénomènes de l'optique avec la définition des ondes lumineuses que vous avez adoptée. C'est parce que vous vous êtes trompé dans ce point de départ, que vos formules des intensités de la lumière réfléchie sous des incidences obliques ne s'accordent pas avec les faits; que vous trouvez, pour la forme générale des ondes lumineuses dans les cristaux, un ellipsoïde dont les trois axes seraient inégaux; que vous êtes obligé d'admettre dans un même corps, pour expliquer la double réfraction, deux milieux élastiques qui transmettent séparément les vibrations lumineuses, et qu'enfin ces phénomènes de polarisation qui accompagnent toujours la double réfraction restent inexpliqués et deviennent même tout-à-fait inconcevables dans votre théorie.

Si, comme je le suppose, vous desirez employer au perfectionnement de l'optique les hautes connaissances que vous possédez en analyse, vous changerez bientôt d'opinion sur la nature des vibrations lumineuses, et

vous admettrez l'hypothèse des oscillations transversales, mais sans doute par des raisons qui vous paraîtront meilleures que les miennes. Vous trouverez alors, pour la forme générale des ondes lumineuses dans les corps doués de la double réfraction, une surface du quatrième degré, au lieu d'un ellipsoïde : votre analyse sera plus rigoureuse que mes calculs, mais vous donnera la même équation. Cette hypothèse vous conduira probablement aussi aux formules que j'en ai déduites pour les intensités de la lumière réfléchie sous des incidences obliques, formules qui ont l'avantage de s'accorder avec les faits et de représenter plusieurs phénomènes dont vous ne vous êtes pas encore occupé (1).

---

(1) Je me propose de chercher une démonstration rigoureuse et générale de ces formules lorsque j'en aurai le loisir : je l'ai déjà trouvée pour le cas où les rayons sont polarisés suivant le plan d'incidence, en supposant que les deux milieux en contact diffèrent non-seulement de densité, mais aussi d'élasticité, c'est-à-dire que la dépendance mutuelle des tranches contiguës parallèles aux ondes n'est pas la même dans les deux milieux : j'ai trouvé que la proportion de lumière réfléchie dépendait uniquement du rapport entre les vitesses de propagation de la lumière dans les deux milieux, et était encore représentée par la formule à laquelle j'avais été conduit, en supposant aux deux milieux la même élasticité.

Sur l'Ajustement des verres d'un objectif achromatique triple.

Par le Dr William Hyde Wollaston.

(Traduit de l'anglais. *Trans. philos.* de 1822, p. 32.)

Ayant en ma possession une lunette achromatique à triple objectif, construite par Dollond en 1771, je me suis trouvé dans une circonstance favorable pour examiner le centrage des lentilles, et pour essayer un moyen d'ajustement qui paraît n'avoir pas été employé jusqu'ici.

Quand je me décidai à mettre en pièces un instrument qui avait supporté, à la satisfaction des observateurs, cinquante années d'épreuves, les personnes qui s'en étaient servies, considérant la difficulté de centrer les verres, regardèrent ma détermination comme un acte d'imprudence dont je me repentirais; mais, à l'aide des essais que je vais décrire, j'avais acquis la persuasion qu'il était possible d'améliorer cet objectif; et les espérances de succès se fondaient, à mon avis, sur des principes incontestables.

Lorsqu'on regarde un corps brillant à travers un objectif de ce genre, sans l'intermédiaire d'un oculaire, on aperçoit, outre l'image réfractée, une série d'images plus faibles, formées par de doubles réflexions entre les différentes surfaces; et comme la position de chacune de ces images dépend de la courbure des surfaces qui lui donnent naissance, elles semblent être à diverses distances de l'objectif.

Les surfaces étant au nombre de six, leurs combinaisons binaires se montent à quinze : tel est précisément le nombre d'images formées par réflexion, qui peuvent être aperçues.

Il est manifeste que si les verres s'ajustent convenablement l'un sur l'autre, de manière que les axes coïncident parfaitement, toutes les images seront situées sur une seule et même ligne droite, et, réciproquement, qu'une position défectueuse de ces axes se manifestera par un dérangement dans la ligne des images.

Une partie de ces apparences se voit distinctement quand on place (fig. 1) l'œil près de l'objectif, de manière à voir l'ouverture de l'oculaire fortement éclairée par une chandelle. Dans cette position, dix images seulement s'aperçoivent : deux sont au-delà de l'image réfractée; quatre, dans une succession régulière, plus près de l'œil; et enfin quatre très-petites et presqu'en contact, existent à une courte distance de l'objectif, mais toutefois dans l'intérieur du tuyau.

Les cinq images restantes, étant, au contraire, de quelques pouces à l'extérieur, ne peuvent être aperçues qu'alors qu'on éloigne suffisamment l'œil de l'objectif; on les voit mieux à l'aide d'une loupe (fig. 2).

Chacune des deux images situées au-delà de l'image réfractée est formée par deux surfaces dont la courbure est tournée dans le même sens (fig. 3), avec la condition que celle de ces surfaces qui réfléchit par le côté concave est la plus courbe. Les quatre images suivantes sont aussi formées par des surfaces dont la courbure est tournée dans la même direction : mais, dans ce cas, la courbure de la surface réfléchissante convexe surpasse celle

de la surface réfléchissante concave (fig. 4). Les quatre petites images proviennent de combinaisons binaires des surfaces dont les convexités sont opposées les unes aux autres (fig. 5). Les cinq images extérieures, enfin, sont formées sur des couples de surfaces qui se regardent par leurs concavités.

Afin d'expliquer nettement l'origine de chacune de ces images, j'ai marqué, dans la figure 7, les surfaces dont la concavité est tournée vers le tuyau de la lunette, par les grandes lettres *A*, *B*, *C*, et j'ai employé les petites lettres *d*, *e*, *f* pour les surfaces qui ont leur concavité du côté opposé; par ce moyen, dans la fig. 8, où la formation de chaque image est tracée, la similitude d'origine dans les différens groupes sera indiquée par une similitude de notation. La réunion de deux grandes ou de deux petites lettres, comme *BC* ou *de*, montre une combinaison de courbes tournées du même côté, comme dans les figures 3 et 4; des lettres d'inégales grandeurs dans l'ordre *dC*, désigneront des courbures opposées, comme celles de la fig. 5, donnant un foyer négatif; enfin les lettres *Bf*, dans l'ordre contraire, représenteront les surfaces concaves opposées de la fig. 6, formant un foyer positif au-delà des lentilles.

On s'assurera de l'origine de ces images en donnant de petits mouvemens à l'une ou à l'autre des lentilles convexes. Quand la lentille extérieure est inclinée, fig. 9, toutes les images dépendantes de *A* ou *d* se forment sur la même ligne inclinée *gh*; mais on pourra remarquer que l'image *Ad* ne change pas de place durant ce mouvement, à cause qu'il n'altère pas les positions relatives des deux surfaces *A* et *d*.

Dans la figure 10, la lentille la plus voisine de l'oculaire est représentée avec une inclinaison semblable : alors toutes les images dépendantes, pour leur formation, de *C* ou de *f*, se placent dans la ligne *ik*.

En donnant un mouvement latéral à la lentille extérieure, les seules images dépendantes de *A* changent de place : ce mouvement se faisant dans le sens de la surface *d*, et le verre restant toujours en contact avec la lentille intermédiaire, cette surface ne change véritablement pas de position (fig. 11).

Par un semblable mouvement de la lentille intérieure (fig. 12), les images, à la formation desquelles concourt la surface *f*, changent de place, tandis que celles qui proviennent de *C* demeurent immobiles.

Un mouvement latéral quelconque, donné à la lentille concave intermédiaire, produit le même effet qu'un mouvement en sens contraire qu'on imprimerait à la fois aux deux lentilles convexes : conséquemment, dans ce genre de mouvement, l'effet total sur la position d'une image sera très-sensible, puisque tout concourt à l'agrandir. Par exemple, quand on fait descendre le verre concave dans la fig. 13, c'est comme si on avait placé un coin, par-dessus, entre les deux verres convexes ; et, quoique chacune de leurs faces intérieures reste en contact avec la face concave adjacente, les surfaces extérieures *A* et *f* n'en sont pas moins écartées vers le haut, et l'image *Af*, dépendant des deux, est doublement élevée. Il résulte de là que la position de *Af* est un moyen délicat de juger du centrage de la lentille concave, et le meilleur guide qu'on puisse suivre pour opérer l'ajustement définitif. Dans l'objectif qui a fait le principal objet de mes expé-

riences, cette image est très-heureusement située; elle se trouve si près de l'image la plus extérieure *Ad*, que le plus petit changement dans leurs positions relatives s'aperçoit avec une très-grande facilité.

Pour avoir la faculté de donner aux lentilles les mouvemens convenables dans tous les sens, je les place dans une boîte plus grande qu'on ne les fait ordinairement, portant deux systèmes de vis, situées dans des directions rectangulaires, et s'appuyant sur les bords de chaque lentille : dès-lors, quand les images auront été transportées dans un même plan vertical à l'aide du système de vis opposées l'une à l'autre dans le sens horizontal, on complétera l'ajustement et on amenera toutes les images sur la même ligne horizontale, au moyen des vis placées au dessus et en dessous, à angle droit avec le premier système.

Quand on opère l'ajustement des verres, il faut donner une attention particulière, non-seulement à *Af* et à *Ad*, mais encore à une autre paire d'images dont les mouvemens sont indépendans, et qui, par leur contiguité, rendent tout changement dans leurs positions relatives très-perceptible. Dans les figures 11 et 12, les lignes *lm*, *no*, marquent les irrégularités qui proviennent de quelque défaut de centrage des deux lentilles convexes extrêmes : la ligne *pq*, dans la fig. 13, montre l'effet d'un ajustement irrégulier de la lentille concave intermédiaire.

D'après ces seules indications, j'ai si souvent rétabli mon objectif, après avoir ôté les diverses lentilles de l'enveloppe qui les contenait, que je puis me hasarder, en toute confiance, à recommander l'essai de ma méthode

à ceux qui auront le desir d'améliorer des objectifs semblables. Le degré de précision auquel on pourra atteindre dépendra de la vivacité de la lumière employée et de la petitesse de ses dimensions.

Quand on se propose, seulement, de voir la série d'images décrites précédemment, on peut se servir de la lumière entière d'une chandelle, sans la renfermer dans les limites de l'ouverture du tuyau d'un oculaire. Si on veut s'assurer que les images n'ont pas des positions très-défectueuses, il suffira de faire passer la lumière à travers un trou circulaire de $\frac{1}{4}$ ou de $\frac{1}{5}$ de pouce de diamètre. Une simple lentille de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{15}$ de pouce de foyer donnera, la nuit, avec la lumière d'une chandelle, une série d'images assez exactement définies pour qu'on puisse opérer les premières rectifications; mais j'ai trouvé qu'on n'arrive à un ajustement très-exact de tous les verres, qu'en faisant tomber la lumière solaire sur une lentille de $\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{30}$ de pouce de foyer. Il n'est point nécessaire, pour cela, de diriger la lunette vers le soleil: car, alors même que les rayons de cet astre tombent très-obliquement sur un petit oculaire, les images extérieures *Ad* et *Af* sont de simples points lumineux: en sorte que toute erreur, pour petite qu'elle soit dans leurs positions relatives, s'aperçoit immédiatement.

En exécutant l'ajustement définitif des verres, d'après ce seul *criterium*, la lunette sur laquelle la méthode a été essayée devient, sans autre vérification, capable de séparer des étoiles très-voisines et à-peu-près du même éclat, comme celles de la 44e du Bouvier ou de σ de la Couronne; elle fait aussi apercevoir les compagnes, si faibles, de β d'Orion et de la 24e de l'Aigle, tout aussi

distinctement que l'état de l'atmosphère peut le permettre. Il n'est guère possible de déterminer les dernières limites de la force de cet instrument, si ce n'est dans des circonstances atmosphériques très-favorables, et qui ne se présentent que rarement.

Note *sur le Phénomène des anneaux colorés.*

Par Mr A. Fresnel.

M. Poisson a relevé avec raison une erreur grave dans laquelle je suis tombé en exposant l'explication si simple du phénomène des anneaux colorés que fournit le principe des interférences (1). On sait que l'interférence de deux séries d'ondes lumineuses ne peut produire une obscurité complète dans les points où leurs mouvemens vibratoires sont opposés qu'autant que ces mouvemens ont la même énergie : or, il semble, au premier abord, que les rayons réfléchis par le second verre ne sauraient avoir rigoureusement la même intensité que les rayons réfléchis à la surface inférieure du premier, puisque cette réflexion partielle a déjà affaibli le faisceau lumineux qui vient tomber sur le second verre. Voilà pourquoi j'avais pensé que le noir foncé des anneaux obscurs des deux ou trois premiers ordres, dans la lumière homogène, tenait à la faible proportion de lumière réfléchie par le verre. J'ignore si

(1) *Supplément à la Chimie de Thomson*, page 70.

M. Young a fait la même faute; mais elle était d'autant moins excusable de ma part, que j'avais eu occasion d'observer le noir foncé des anneaux obscurs, sous des incidences très-obliques et tout près de celle où la réflexion devient totale, en employant deux prismes appliqués l'un contre l'autre par leurs bases, dont l'une était légèrement convexe : de cette manière, la lumière réfléchie à la face d'entrée du verre supérieur ne se mêle plus avec celle qui produit les anneaux. Cette expérience n'était pas sans doute présente à ma mémoire lorsque je rédigeais l'explication des anneaux colorés. Je suis étonné aussi de n'avoir pas songé à calculer l'effet produit par le nombre infini de réflexions qui s'opèrent entre les deux surfaces de la lame d'air, dans un moment où je venais de faire un calcul semblable pour comparer mes formules des intensités de la lumière réfléchie sous des incidences obliques, avec les observations de M. Arago sur les quantités totales de lumière réfléchie et transmise par une plaque de verre (1).

Pour démontrer, par ce calcul, comme vient de le faire M. Poisson, que les milieux des anneaux obscurs doivent être d'un noir absolu, je n'avais pas besoin de

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, tome XVII. Ce calcul diffère de l'autre seulement en ce que ce sont les forces vives ou les carrés des vitesses absolues qu'il faut ajouter, pour la plaque de verre épaisse, et non les simples vitesses, comme pour la *mince* lame d'air qui réfléchit les anneaux; mais, du reste, c'est toujours, dans un cas comme dans l'autre, une progression géométrique infinie qu'il faut sommer.

connaître sa formule de l'intensité de la lumière réfléchie sous l'incidence perpendiculaire (ou plutôt la formule de M. Young, puisque c'est M. Young qui l'a donnée le premier); le théorème dont il s'agit est indépendant de cette formule, comme de celles que j'ai trouvées pour le cas des incidences obliques. Les seules conditions nécessaires à la démonstration de ce théorème, c'est que les deux corps transparens en contact aient le même pouvoir réfléchissant, et que la lumière soit réfléchie en proportions égales à la première et à la seconde surface d'une même plaque transparente; or, cette seconde condition est une loi générale de la réflexion de la lumière dans les milieux diaphanes : M. Arago s'est assuré, par des expériences très-précises, que, lorsqu'on fait tomber un faisceau de lumière sur une plaque de verre à faces parallèles (quelle que soit d'ailleurs son inclinaison), il y a la même proportion de lumière réfléchie à la première surface, en dehors de la plaque, et à la seconde surface, en dedans du verre. En s'appuyant sur ce seul fait et sans le secours d'aucune formule, on explique aisément le noir si foncé que présentent les anneaux obscurs, même sous des incidences très-obliques.

Afin de donner au calcul plus de simplicité, je rapporterai les vitesses absolues des molécules éthérées excitées par les ondes lumineuses qui se propagent dans les deux corps transparens superposés, et la lame d'air qui les sépare, à un milieu commun, celui, par exemple, où s'opère l'interférence de toutes les ondes réfléchies ; c'est-à-dire que je supposerai les vitesses absolues des molécules de chacun des trois milieux multipliées par un

facteur tel qu'elles représentent, dans le milieu auquel on les rapporte, des forces vives ou des quantités de lumière équivalentes ; de cette manière, il n'est plus nécessaire d'exprimer les diverses densites des trois milieux en contact, puisque toutes les vitesses absolues sont sensées comptées dans un même milieu. Cela posé, prenons pour unité le coefficient commun des vitesses absolues dans les ondes lumineuses qui tombent sur la première surface de la lame d'air : représentons par m le coefficient commun des vitesses absolues dans les ondes réfléchies et par n celui des ondes transmises : puisque nous supposons qu'il n'y a point de lumière perdue, nous aurons :

$$m^2+n^2=1\,;$$

car les vitesses absolues 1, m et n étant rapportées à un même milieu, les quantités de lumière correspondantes sont proportionnelles aux carrés de ces vitesses.

L'intensité n des vitesses absolues pour la lumière transmise dans la lame d'air devient mn après sa réflexion sur la seconde surface de cette lame, puisque nous supposons le même pouvoir réfléchissant aux deux verres superposés, et que, lorsqu'un rayon tombe sur une plaque transparente, il y a la même proportion de lumière réfléchie en dedans et en dehors de la plaque. Mais, comme M. Young l'a observé le premier, les vitesses absolues doivent être de signes contraires, selon que la réflexion s'opère en dehors ou en dedans du milieu le plus dense. Si donc nous supposons m positif, pour la réflexion à la première surface de la lame d'air, le coefficient mn correspondant à la réflexion sur la se-

conde surface sera négatif et deviendra $-m.n^2$, après que les rayons auront traversé une seconde fois la surface supérieure. Je suppose que le chemin qu'ils ont parcouru dans la lame d'air, en la traversant ainsi deux fois, est égal à une ondulation ou un nombre entier d'ondulalations; de sorte qu'il ne change rien à la grandeur ni au signe des vitesses absolues apportées simultanément au point d'interférence. Tandis qu'une portion de ces rayons sort de la lame d'air, une autre portion est réfléchie en dedans, puis ramenée vers la face supérieure par une troisième réflexion sur la surface inférieure, et enfin transmise à son tour : la vitesse absolue qu'elle apapporte sera représentée en conséquence par $-m^3.n^2$; celle qu'apporteront les ondes qui auront éprouvé deux réflexions de plus sera $-m^5.n^2$, et ainsi de suite. La somme totale des vitesses absolues des ondes réfléchies par les deux surfaces de la lame d'air sera donc égale à

$$m - m n^2 - m^3 n^2 - m^5 n^2 - \text{etc.}$$

$$\text{ou } m(1 - n^2(1 + m^2 + m^4 + \text{etc.}))$$

$$\text{ou } m\left(1 - \frac{n^2}{1 - m^2}\right)$$

$$\text{ou enfin, } m\left(\frac{1 - m^2 - n^2}{1 - m^2}\right);$$

mais $m^2 + n^2 = 1$; donc la somme des vitesses absolues sera nulle, et partant la lumière réfléchie; donc les anneaux réfléchis devront offrir un noir parfait aux points pour lesquels la différence de marche entre les rayons réfléchis à la première et à la seconde surface de

la lame d'air est égale à la longueur d'une ondulation, ou contient un nombre entier d'ondulations.

J'ai supposé ici que les proportions de lumière réfléchie et transmise restent les mêmes pour les mêmes incidences, quel que soit le nombre des réflexions précédentes : cela n'est exact qu'autant que la lumière est polarisée parallèlement ou perpendiculairement au plan d'incidence, parce que ses vibrations, s'exécutant alors suivant ce plan ou dans un sens perpendiculaire, ne changent plus de direction, mais seulement d'intensité, par les réflexions successives. Ce n'est donc qu'à des vibrations parallèles ou perpendiculaires au plan d'incidence qu'on doit appliquer le calcul précédent; mais comme on peut toujours décomposer les vibrations des rayons incidens parallèlement et perpendiculairement au plan d'incidence, s'il y a absence totale de réflexion pour chacun de ces deux systèmes de composantes, il n'y aura plus de lumière réfléchie dans aucun cas.

Le calcul que je viens de faire suppose aussi que les deux faces de la lame d'air sont parfaitement parallèles, de sorte que l'intervalle qui les sépare reste constant, quel que soit le nombre des réflexions obliques. Mais, dans l'expérience ordinaire des anneaux colorés, il n'en est pas rigoureusement ainsi : il serait donc possible que, lorsque l'incidence est très-oblique, il fallût tenir compte de la courbure des verres en contact et des variations qui en résultent dans le trajet que les mêmes rayons ont à parcourir pour aller d'une surface à l'autre.

Du *Développement de l'électricité par le contact de deux portions d'un même métal, dans un état suffisamment inégal de température; des piles voltaïques construites avec des fils d'un même métal et même avec un seul fil, et de quelques Effets électriques qui naissent dans les combinaisons chimiques.*

Par M. Becquerel, ancien Chef de bataillon du Génie.

(Mémoire lu à l'Académie royale des Sciences le 16 juin 1823.)

Quand on voit le magnétisme, le calorique et la lumière se produire en même temps que l'électricité, on est porté à croire que tous ces effets sont dus à une seule et même cause diversement modifiée. Cette doctrine est déjà admise tacitement par quelques savans, d'autres la professent publiquement; mais les faits qui servent à l'établir ne sont peut-être pas encore assez concluans pour que l'on puisse la considérer comme une vérité démontrée. Si les physiciens veulent approfondir cette grande question, leurs expériences doivent tendre sans cesse à rechercher comment les phénomènes électriques ou magnétiques sont modifiés par l'action de la chaleur; ils doivent mettre en présence successivement chacun de ces fluides impondérables pour étudier leurs actions réciproques et leurs rapports mutuels, comme on étudie les affinités des corps, en combinant ces corps entr'eux. Guidé par cette manière de voir, j'ai entrepris quelques expériences pour connaître si les températures élevées donneraient naissance, dans les substances métalliques, à des

phénomènes électriques susceptibles d'être appréciés. En effet, c'est surtout au moment où ces substances sont sur le point de se combiner qu'il doit se produire des effets électriques assez marqués, si, comme tout porte à le croire, les actions chimiques sont dues au jeu des forces électriques ; il faut donc choisir l'instant où les métaux vont entrer en fusion pour les faire agir sur d'autres qui sont à la température ordinaire. J'ai été conduit à des résultats qui contribueront peut-être à jeter quelque jour sur les causes qui déterminent la rupture de l'état d'équilibre de l'électricité dans les corps.

Ces expériences exigeaient un appareil qui accusât de très-faibles quantités d'électricité; le galvanomètre multiplicateur de M. Schweigger remplit ce but; il est au moins aussi sensible que les organes de la grenouille; il a d'ailleurs l'avantage de pouvoir être mis continuellement en action, tandis que les animaux ne manifestent des convulsions que lorsqu'ils ont été tués nouvellement. Ensuite il peut être employé dans des circonstances où les muscles et les nerfs de la grenouille seraient infailliblement détruits par l'action des agens employés dans les expériences.

On sait que cet appareil est formé d'une petite boîte rectangulaire en bois, sans fond et autour des faces de laquelle est enroulé un fil de laiton recouvert en soie, pour empêcher la communication électrique entre les différentes parties de ce fil; ses deux extrémités sont libres, afin de les faire communiquer avec les sources d'où se dégagent les électricités. Une aiguille aimantée, suspendue à un fil de cocon qui entre dans l'intérieur de la boîte par une petite ouverture pratiquée exprès, in-

dique, par ses oscillations et le sens dans lequel elles commencent, le courant électrique et sa direction.

La première expérience à faire avec cet appareil est de déterminer un rapport entre les écarts de l'aiguille et la force du courant électrique; pour cela, je suspens l'aiguille aimantée à un fil très-fin de platine, d'une balance de torsion, qui m'a servi, dans le développement de l'électricité par la pression, à déterminer le rapport entre les pressions et les intensités électriques correspondantes. Ensuite je dispose l'appareil pour que l'aiguille aimantée soit dans la direction du plan du méridien magnétique, quand le fil de suspension est sans torsion; cette condition est facile à remplir, puisque l'appareil est mobile. Supposons maintenant que l'aiguille soit chassée de ce plan par l'effet du courant électrique; après plusieurs oscillations, elle prendra une position d'équilibre telle que la résultante des actions électriques émanées de chaque point du fil conjonctif fera équilibre, et à la quantité angulaire dont le fil s'est tordu et à l'action du magnétisme terrestre, deux forces qui tendent à faire rentrer l'aiguille dans le méridien magnétique: or, nous pouvons rendre nuls les effets du magnétisme terrestre; ramenons pour cela l'aiguille aimantée dans le plan du méridien magnétique, ce qu'on peut faire en tordant convenablement le fil de platine; alors le nombre de degrés dont on aura tourné le micromètre représentera une force de torsion qui fera équilibre à l'action du courant électrique, attendu que cette force est nécessaire pour maintenir l'aiguille dans le plan du méridien magnétique. J'ai consigné, dans le tableau suivant, quelques résultats d'expérience.

ANGLES DE DÉVIATION de l'aiguille aimantée.	ANGLES DE TORSION nécessaires pour ramener l'aiguille dans le méridien magnétique.		ANGLES DE TORSION, en supposant la proportionnalité.
30........	240	238.	240.
id........	235		
id........	240		
15	115	120.	120.
id........	120		
id........	125		
20........	160	163.	160.
id........	165		
id........	165		
10........	85	81.	80.
id........	80		
id........	80		

D'après ces résultats, on voit que, pour des angles de déviation au dessous de 30$^{d.}$, les forces de torsion nécessaires pour ramener l'aiguille dans le plan du méridien sont proportionnelles aux cordes de ces angles; ainsi, pour maintenir l'aiguille dans le méridien magnétique, quand elle serait chassée à 30°, il faut une force de torsion double de celle qui serait nécessaire dans le cas d'une déviation de 15°. Cette loi est précisément la même que celle trouvée par Coulomb entre les forces de torsion et les angles de déviation. Cet habile physicien a fait voir que, lorsqu'on tordait le fil de suspension pour de petits angles d'écart de l'aiguille, les forces de torsion étaient proportionnelles aux sinus de ces angles, et, par suite, aux cordes.

Je vais maintenant examiner l'action d'une température élevée sur le développement de l'électricité dans les substances métalliques. M. Seebeck, membre de l'Académie de Berlin, s'est déjà beaucoup occupé de recherches sur l'influence de la chaleur dans le développement de l'électricité par contact. Ce savant a découvert qu'on pouvait établir un circuit électrique dans les métaux sans l'interposition d'aucun liquide; pour y parvenir, il prend deux arcs de métaux différens et les soude ensemble aux deux bouts, de manière à faire un cercle; ensuite il chauffe l'anneau à l'un des endroits où se touchent les deux métaux, et le courant électrique commence aussitôt : lorsque le circuit est composé de cuivre et de bismuth, l'électricité positive prend, dans la partie qui n'est pas chauffée, la direction du cuivre vers le bismuth. M. Seebeck est parvenu à exciter pareillement un courant, dans le cas où l'arc est formé d'un métal qui a une texture cristalline telle que le bismuth.

La loi est plus générale; car on peut aussi obtenir un courant électrique dans un circuit d'un seul métal, quelle que soit sa texture, cristalline ou non; avant de le prouver, il est nécessaire d'indiquer quelques expériences pour établir le principe à l'aide duquel on peut y parvenir. Faisons voir d'abord que deux morceaux d'un même métal, ayant entr'eux une différence de température suffisante, se constituent par leur contact mutuel dans deux états électriqués contraires : prenons des fils de métal assez fins pour obtenir plus facilement les températures élevées dont nous avons besoin, nous aurons des résultats proportionnés aux dimensions de ces fils; mais il suffit de démontrer la vérité d'un fait, parce

qu'on peut ensuite augmenter les effets qui en découlent, en répétant l'expérience plus en grand. Enroulons en spirale les deux bouts du fil du multiplicateur, afin de pouvoir agir sur un plus grand nombre de points, ce fil ayant environ un demi-millimètre de diamètre. Faisons rougir l'une des spirales dans la flamme d'une lampe à alcool, ou bien dans un petit fourneau, si nous voulons éviter l'influence des phénomènes qui se développent pendant la combustion de l'alcool. Rapprochons-en l'autre, qui est à la température ordinaire, et mettons les deux spirales en contact, l'aiguille aimantée est déviée de sa direction : séparons les deux spirales et renouvelons le contact à la fin de chaque oscillation, on obtiendra ainsi des déviations très-étendues. Le courant électrique, en suivant le circuit, va du bout non rougi à celui qui l'est, c'est-à-dire que l'électricité positive part du premier.

Nous nous sommes servis, dans cette expérience, de fils de laiton; on pourrait croire que le zinc, qui est plus oxidable que le cuivre, s'est oxidé dans la partie qui a été rougie, et qu'en appliquant l'autre bout dessus, l'hétérogénité des deux parties a suffi pour déterminer le courant. Cet effet peut avoir lieu; mais il n'est pas le seul qui contribue au phénomène. J'ai construit un galvanomètre multiplicateur avec un fil de cuivre pur, un autre avec un fil de platine, un troisième avec un fil d'argent, et tous m'ont présenté le même phénomène que celui obtenu avec le fil de laiton, seulement chaque métal présentait une différence dans l'intensité du développement de l'électricité : ces divers fils avaient à-peu-près le même diamètre. Or, comme on ne peut supposer

que le platine se soit altéré à la température où il a été exposé, on ne peut croire que le courant soit dû au contact de deux portions du fil qui n'étaient pas identiquement les mêmes dans leurs molécules intégrantes. Ces expériences prouvent donc que deux portions d'un même métal ayant entr'elles une différence de température suffisante se constituent, par leur contact mutuel, dans deux états électriques contraires. Cette différence varie d'un métal à l'autre; par exemple, dans le platine, l'une des spirales doit être portée au rouge-cerise et l'autre rester à la température ordinaire; dans le cuivre, il n'est pas nécessaire d'élever autant la température; le développement d'électricité a lieu souvent au rouge naissant. Pour obtenir les différences de température convenable, il est bon de se servir de deux bouts de fil n'ayant pas le même diamètre, surtout quand ils sont de platine.

Il résulte de là qu'en réunissant les deux bouts de chaque fil, et leur donnant à chacun le degré de chaleur suffisante pour qu'ils se constituent l'un et l'autre dans deux états électriques différens, on doit obtenir un courant électrique continu. Ce problème n'est pas facile à résoudre pour toutes les substances métalliques, comme nous allons le voir. Opérons sur le fil de cuivre, et réunissons-en les deux bouts en formant à leurs extrémités deux petits crochets que nous passerons l'un dans l'autre. Plongeons ensuite ces deux crochets dans la flamme de l'alcool de manière à les faire rougir également, il n'y aura aucun effet électrique de produit; mais si nous faisons rougir la partie du fil qui est à droite ou à gauche des points de réunion, il s'établira

peu après, dans toute la longueur du fil, un courant électrique qui ira du bout dont la température est la moins élevée à l'autre. Ce courant paraît croître à mesure que la température du fil augmente, et il arrive un instant où l'aiguille aimantée éprouve une déviation de 50 à 60° au moins.

Pour voir le changement de direction du courant, on fait d'abord rougir une portion du fil à peu de distance des points de réunion des deux extrémités ; on amène insensiblement le foyer de la chaleur jusqu'à ces points, et on finit par le porter au-delà. Dans cette opération, le courant augmente continuellement, puis diminue, devient nul et recommence en sens inverse.

Tous ces effets n'ont lieu que lorsqu'on élève suffisamment la température des points qui sont situés à peu de distance de la réunion des deux bouts ; car, à une distance plus éloignée, le courant électrique cesse de devenir sensible ; il faut alors, pour le faire naître, prendre des précautions particulières dont nous parlerons plus loin.

M. Seebeck a fait voir que, lorsque le circuit était formé de deux métaux différens, il fallait élever la température de l'un des endroits où ils se touchaient : dans l'expérience que je viens de rapporter, il est nécessaire au contraire de chauffer le fil à droite ou à gauche des points de réunion, et de lui donner un degré de chaleur beaucoup plus considérable, puisqu'il faut souvent porter celle-ci jusqu'au rouge, du moins dans des fils métalliques.

Servons-nous actuellement du multiplicateur dont le fil qui forme le circuit est en platine, ce fil ayant un demi-millimètre de diamètre. Nous avons vu précédem-

ment que, lorsque l'une de ses extrémités avait été chauffée préalablement au rouge et appliquée sur l'autre qui était à la température ordinaire, elles se constituaient l'une et l'autre dans deux états électriques contraires : réunissons ces deux extrémités comme nous avons fait dans le fil de cuivre, et portons au rouge la température des points contigus à leur jonction, en ayant la précaution de ne chauffer que d'un côté, à droite ou à gauche, il ne se manifestera aucun courant électrique sensible. Le fil continu de platine ne se comporte donc pas ici comme le fil de cuivre, qui, dans les mêmes circonstances, agissait sur l'aiguille aimantée. Ce dernier métal, à la vérité, est celui qui jusqu'à présent m'a montré le phénomène au plus haut degré, ensuite l'acier. Le courant électrique se produit dans ces deux métaux au-dessous de la chaleur rouge. Nous verrons plus loin qu'il est possible d'obtenir aussi un courant continu dans un circuit tout en platine.

D'où dépend donc cette différence d'action du calorique dans des fils continus de platine et dans des fils de cuivre, aussi continus, de la même grosseur ? Ils jouissent cependant les uns et les autres de la propriété de devenir électriques quand on met en contact leurs extrémités inégalement échauffées ; le platine la possède à un moindre degré que la plupart des autres métaux. Cela tient probablement à ce que, dans le fil de platine, la différence de température entre les deux bouts réunis n'est plus assez grande pour donner lieu au courant électrique : en effet, quand on élève la température d'une des extrémités, l'autre s'échauffe en même temps, non-seulement à cause de sa proximité de la flamme, mais encore parce que ces

deux extrémités communiquent ensemble. Alors la différence de températnre entre les deux bouts est moins grande que lorsque l'un a été rougi et que l'autre est resté à la température ordinaire, condition nécessaire pour que le développement d'électricité ait lieu ; mais si l'on applique sur la partie contiguë au foyer un corps froid et bon conducteur de la chaleur, tel qu'un morceau de métal quelconque, on produit un refroidissement subit, et l'expérience prouve qu'il y a alors un courant d'électricité : voilà ce qui se passe quand les deux bouts sont de la même grosseur. Il paraît que dans le cuivre et l'acier la différence entre les températures des deux bouts peut être assez petite, et cependant le développement d'électricité avoir lieu.

Dans le fil de cuivre, ne se produirait-il pas un phénomène composé ? La surface des parties de ce fil, adjacentes à la flamme, se couvre insensiblement de protoxide, tandis que la portion plongée dans la flamme, brillant d'un éclat métallique, annonce que l'oxide qui pouvait exister à sa surface est réduit. Cet état de réduction et d'oxidation doit influer sans doute sur les effets électriques que nous examinons ; cependant elle n'en est pas entièrement la cause ; car, comment expliquerait-on le changement instantané de direction du courant quand on porte le foyer de chaleur de l'autre côté du point de jonction ? Pourquoi, à une certaine distance de ce point, tous ces effets ne se manifestent-ils plus ? Pourquoi, en refroidissant la partie contiguë à la flamme, augmente-t-on la force du courant ? Pour expliquer tous ces phénomènes, il faut nécessairement admettre que la différence de température entre les

deux bouts est une des causes principales de leur production.

Les fils dont je me suis servi ont été préparés avec le plus grand soin, de sorte que l'on ne peut élever aucun doute sur l'homogénité de leurs surfaces. On sait que, pour faire naître des convulsions dans la grenouille, il suffit d'armer les nerfs avec une lame de plomb impur, tel que celui dont se servent les vitriers, et d'achever la communication avec les muscles au moyen d'un arc de plomb pur. M. Hallé a fait voir aussi qu'en frottant l'arc d'un seul métal avec un autre métal, les convulsions se manifestaient pareillement. D'après ces observations, on pourrait supposer que les effets électriques que nous avons attribués à des différences de température sont dus aux particules d'acier que la filière aurait laissées sur ces fils; alors nous n'aurions pas agi sur des fils de même métal. Il n'en est pas ainsi : tous ces fils ont été recuits après avoir été passés à la filière; les particules d'acier ont dû conséquemment se décomposer et le fer s'oxider; ensuite ils ont été mis dans l'acide nitrique étendu d'eau, pour enlever les dernières particules qui auraient pu rester. On n'a donc rien négligé pour avoir des fils parfaitement homogènes.

Il est probable que la propagation du calorique dans les fils métalliques réunis bout à bout ne se fait pas librement, puisqu'il y a une espèce de solution de continuité aux points où ils se touchent. N'est-il pas permis de croire, d'après cela, que, lorsque les causes qui tendent à altérer la libre circulation du calorique dans les substances métalliques lui présentent un obstacle suffisant, elles déterminent une rupture de l'état d'équilibre

des deux électricités, précisément dans les points qui avoisinent la partie où résident ces causes? Par conséquent, quand on fait rougir une portion quelconque du fil de platine à une certaine distance des points de réunion des deux bouts, comme tout est symétrique à droite et à gauche du foyer, la propagation de la chaleur se fait symétriquement de chaque côté, et il n'y a pas de raison pour que l'une des électricités se porte plutôt à droite qu'à gauche : aussi ne développe-t-il aucun courant. Mais si l'on applique sur la partie du fil qui est en incandescence un corps froid et conducteur de la chaleur, tel qu'un morceau de métal quelconque, il s'établira aussitôt un courant électrique qui ira, en suivant le circuit, du bout qu'on a refroidi à l'autre. Cette expérience ne réussit bien qu'avec un fil de platine, et encore demande-t-elle un multiplicateur sensible.

Dans notre globe, où la chaleur paraît croissante de la surface au centre, ne s'opérerait-il pas des développemens continuels d'électricité, par suite des différences de température entre les couches successives? Cette conjecture, fondée sur les expériences que nous avons rapportées plus haut, semblerait venir à l'appui de la théorie de M. Ampère, qui admet des courans électriques, dans une certaine direction à-peu-près perpendiculaire à l'axe magnétique du globe, pour prouver que les phénomènes magnétiques sont dus à des actions électriques. Un examen plus approfondi du développement de l'électricité, opéré par des différences de température, pourra fixer les idées à cet égard.

Il est facile de prouver que le développement de l'électricité ne se fait que dans les parties du fil qui sont

contiguës au foyer de chaleur. Prenons deux fils de cuivre assez courts, dont deux bouts soient réunis, et faisons plonger les deux autres dans deux capsules remplies de mercure, qui communiquent elles-mêmes avec les extrémités du fil du multiplicateur. Au moment où l'on élèvera la température des points voisins des deux extrémités réunies, les deux bouts se constitueront dans deux états électriques différens; les électricités dégagées traverseront le mercure et iront se recombiner en parcourant le fil du multiplicateur; il en résultera alors un courant électrique qui agira sur l'aiguille aimantée.

Jusqu'ici nous n'avons agi que sur des fils métalliques d'un demi-millimètre à deux millimètres de diamètre; ils ont été exposés à la température que peut produire la flamme d'une lampe à alcool; en outre les deux bouts réunis étaient de même diamètre, et nous avons vu que, lorsqu'ils étaient en platine, il n'y avait pas de courant électrique sensible; cependant on peut le faire naître en employant deux fils, l'un d'un demi-millimètre de diamètre et l'autre d'un dixième de millimètre : fixons-en un à chaque bout du fil multiplicateur, et plongeons les deux autres extrémités, enroulées l'une sur l'autre, dans la flamme de l'alcool, de manière que le plus fin ait le plus de points de contact avec elle. Ils s'échaufferont inégalement, puisqu'ils n'ont pas le même diamètre; la différence de température sera assez grande pour qu'il en résulte un courant électrique, que l'on rendra encore plus sensible en retirant le fil de la flamme, et l'y replongeant à la fin de chaque oscillation. Voilà donc un courant électrique produit dans un *circuit continu de platine, uniquement par suite d'une différence de tem-*

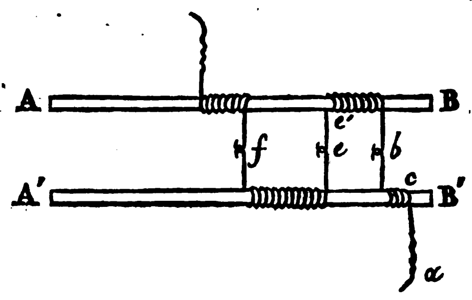
pérature entre les deux extrémités réunies. Je ferai observer que ces deux fils provenaient du même platine et avaient été préparés avec le plus grand soin.

Ce principe étant reconnu, j'ai dû rechercher s'il ne serait pas possible d'augmenter les effets électriques en disposant ces circuits de manière à former un appareil voltaïque : cet essai a été en partie réalisé.

MM. OErsted et Fourier, et M. de La Borne, sont les premiers physiciens qui aient songé à construire une pile électrique sans l'interposition d'aucun liquide ; ils ont soudé bout à bout deux métaux différens et ont formé ainsi des circuits plus ou moins longs ; ensuite, en chauffant, à l'aide de la flamme d'une bougie, les soudures qui n'étaient pas voisines, ces savans ont obtenu des effets très-sensibles, effets qui augmentaient d'intensité en multipliant les soudures, pourvu qu'on eût la précaution de n'élever la température que de celles qui étaient alternatives. Ils ont trouvé que leur appareil, susceptible de donner de très-grands effets par la force du courant électrique, ne produisait ni action chimique ni ignition sensible. Il faut remarquer que, dans cet appareil, les électricités développées par le contact de deux barreaux dont les points de réunion n'avaient pas été échauffés, devaient concourir aussi à l'effet général et modifier par conséquent d'une manière quelconque la répartition de l'électricité, telle qu'elle se fait dans la pile de Volta ; ainsi il n'est pas étonnant qu'on ne retrouve pas précisément les mêmes propriétés que dans cette dernière. Nous verrons qu'il n'existe pas cet inconvénient dans une pile formée avec un seul métal ; mais il y en a d'autres qui seront peut-être difficiles à faire disparaître.

Pile électrique formée avec des fils de cuivre.

Fixons deux tubes en verre *AB*, *A'B'*, dans une direction parallèle, sur quatre pieds verticaux également en verre; enroulons un fil *ab* autour de *A'B'*, de ma-



nière à avoir deux bouts *ac* et *bc*; terminons celui-ci par un petit crochet; de ce crochet faisons partir un autre fil de cuivre semblable au premier, et que nous enroulons également autour de *AB* pour le fixer, et faisons-le revenir en *ee'*; terminons-le aussi en *e* par un crochet, et continuons cet assemblage de bouts de fil autant de fois que nous voulons avoir de couples voltaïques. Ces dispositions prises, plaçons des lampes à alcool alternativement à droite et à gauche des points de jonction; alors le développement de l'électricité sera tel qu'il doit être pour former une pile, et si rien ne s'y oppose, la distribution de ce fluide se fera de même que l'a découvert Volta. Ainsi, dans le cas où il y aurait trois fils, en représentant par $+1$ et -1 les électricités développées de chaque côté des points de jonction, en vertu d'une différence donnée de température, on aurait :

1er fil,	2;
2me,	0;
3,	3.

Dans l'assemblage de quatre fils, on aurait :

1 fil,		— 3.
2	1re moitié,	— 1 ;
	2e,	0.
3	1re moitié,	0 ;
	2e,	+ 1.
4,		+ 3 ;

ainsi de suite.

Pour que la répartition fût telle que nous venons de l'exposer, il faudrait que la différence de température entre les deux bouts réunis fût constante et eût atteint un certain *maximum;* mais il n'en est pas toujours ainsi, surtout quand les fils ont quelque grosseur; car la partie qui n'est pas plongée dans la flamme, en étant très-près, s'échauffe peu à peu, et finit par prendre une température qui ne diffère plus assez de celle du bout plongé dans la flamme pour que le développement d'électricité ait lieu. C'est là une des causes qui s'opposent à ce qu'un assemblage de fils de cuivre donne un accroissement d'effets électriques comme dans la pile; néanmoins on remarque une augmentation sensible dans la force du courant électrique quand on met en communication les deux extrémités avec celles du galvanomètre multiplicateur.

Pour montrer qu'en augmentant la différence de température entre les deux bouts consécutifs, le développement de l'électricité devient plus considérable, je remarquerai que si l'on applique des linges mouillés sur les bouts qui ne sont pas plongés dans la flamme et qu'on les retire, les oscillations de l'aiguille aimantée deviennent plus étendues; ce qui annonce un accroissement de force.

J'ai construit une pile électrique avec des fils de cuivre de deux millimètres de diamètre; elle s'est mise également en action.

Lorsque la pile est formée de fils de platine de deux grosseurs différentes, il faut en réunir alternativement un gros et un petit. Les fils dont je me suis servi avaient $\frac{3}{4}$ de millimètre et $\frac{1}{5}$ de millimètre de diamètre. Trois couples faisaient dévier de 10° l'aiguille aimantée du multiplicateur.

Nous venons de faire voir qu'on pouvait former une pile avec des fils d'un même métal réunis bout à bout; cette condition n'est pas nécessaire : on peut en construire une avec un fil de platine d'un seul bout.

Nous savons qu'en prenant un fil de ce métal et fixant chaque bout à ceux du fil du multiplicateur, si l'on en fait rougir une portion quelconque et que l'on porte dessus un morceau de métal froid, de manière à opérer un refroidissement subit, d'un côté seulement, il se développera un courant qui ira de ce côté à celui qui n'aura pas été refroidi. Le métal qu'on applique ici n'agit probablement que comme corps réfrigérant, car les deux électricités restent dans le fil de platine; le métal ne lui en enlève donc aucune. Un linge mouillé ne peut convenir, parce qu'il refroidit toute la partie qui est rouge.

Si donc l'on fait rougir le fil de platine dans plusieurs endroits, et que l'on opère des refroidissemens convenables, on augmentera la force du courant.

Je doute beaucoup que l'on puisse utiliser en grand ces espèces de piles; car il serait bien difficile, dans l'emploi de barres métalliques, pour avoir des effets

électriques sensibles, d'établir une différence de température suffisante entre la partie qui sera plongée dans le foyer et celle qui lui est contiguë. Au reste, si elles sont sans application, elles auront du moins l'avantage de faire voir qu'avec un seul métal et le calorique, il est possible de composer un appareil voltaïque.

De quelques Effets électriques produits pendant la combinaison des acides avec les métaux et avec les alcalis.

Ayant trouvé que les deux bouts d'un fil métallique, dans un état suffisamment inégal de température, se constituaient par leur contact mutuel dans deux états électriques contraires, j'ai voulu voir si des effets électriques semblables n'auraient pas lieu lorsque les deux bouts ne seraient pas attaqués aussi fortement l'un que l'autre par le même acide. J'ai été conduit à des résultats que je croyais nouveaux; mais M. Arago, devant qui je répétai les expériences il y a cinq semaines, me dit que l'un de ces résultats lui avait été communiqué par M. Œrsted, et qu'il devait même insérer une note à cet égard dans les *Annales de Chimie*. Voici le contenu de cette note : « Si l'on plonge » à deux instans différens deux morceaux d'un même » métal dans un acide capable de les attaquer, celui » des deux morceaux qui aura été plongé le premier se » comportera comme le métal le plus positif. » Comme cet exposé renferme peu de détails, et ne parle que d'un seul fait qui n'est pas décrit dans toutes ses particularités, je prends la liberté d'exposer mes observations à l'Académie, telles que je les ai faites avant d'avoir eu connaissance de la note rapportée ci-dessus, et sans réclamer aucune priorité.

Je pris de l'acide nitrique ordinaire, dans lequel je plongeai l'un après l'autre les deux bouts du fil du galvanomètre sans qu'ils se touchassent, et de manière que les parties immergées fussent égales : ce fil était en laiton, en cuivre ou en platine, suivant l'appareil dont je me servais. Quand il était en laiton ou en cuivre, l'action chimique de l'acide sur le métal était très-énergique; et quoique les deux bouts du fil ne communiquassent que par l'intermédiaire de l'acide, l'aiguille aimantée fut chassée vivement du méridien magnétique. Cette action indiquait un courant électrique très-énergique. Lorsque le fil était en platine, l'acide était sans action chimique sur le métal, et le courant électrique était insensible; mais si l'on ajoutait un peu d'acide hydrochlorique afin que le platine pût être attaqué, l'aiguille aimantée était déviée de sa direction. Le sens du courant dépendait du bout qui avait été plongé le premier dans l'acide; c'était précisément celui-là qui prenait l'électricité positive.

En plongeant dans l'ammoniaque, avec les précaucautions indiquées plus haut, les deux bouts du fil de cuivre, l'action de l'alcali sur le métal déterminait un courant dans toute l'étendue du fil, dont la direction dépendait de la cause rapportée dans l'expérience précédente.

J'ai dit qu'il était nécessaire de plonger successivement les deux bouts lorsque les parties immergées devaient être égales; cette condition doit être remplie quand on veut analyser le phénomène. Mais le sens du courant ne dépend pas toujours de cette circonstance : il est déterminé par le bout qui est le plus attaqué

par l'acide. Ainsi, celui qui a le plus de points de contact avec l'acide prend l'électricité positive. D'après cela, quand le courant électrique est commencé, on peut changer sa direction en enfonçant davantage le bout dans l'acide ou en l'en retirant plus ou moins.

On voit donc que, dans un fil métallique, lorsque ces deux bouts sont inégalement attaqués par un acide ou que le calorique ne les échauffe pas de même, l'état d'équilibre des deux électricités de ce fil est dérangé : ce sont deux actions qui produisent les mêmes effets. C'est précisément ce rapprochement qui m'a suggéré l'idée d'examiner les phénomènes électriques qui se développaient pendant l'action d'un acide sur les deux bouts d'un fil métallique.

J'ai cherché ensuite les effets électriques produits par l'action des acides sur les alcalis. Voici comment on peut faire l'expérience : les acides, à l'exception d'un seul, étant sans action sur le platine, je me sers de fils de ce métal pour transmettre l'électricité dégagée dans les combinaisons ; à chaque extrémité de ce fil, je fixe une petite lame carrée en platine ; sur une d'elles je place l'alcali, ensuite je plonge l'autre dans un acide et je l'applique sur l'alcali. Il y a aussitôt action chimique de l'acide sur l'alcali, d'où il résulte un courant électrique extrêmement énergique, qui parcourt le fil en allant de l'un à l'autre. On voit donc que pendant la combinaison de ces deux corps l'acide prend l'électricité positive, et l'alcali l'électricité négative.

Je n'indique ici que quelques résultats généraux, me proposant de traiter, dans un nouveau Mémoire, plus en détail ces phénomènes, qui méritent toute l'attention du chimiste et du physicien.

SUR *l'Incertitude que présentent quelques résultats de l'analyse chimique.*

PAR M. LONGCHAMP.

(Lu à l'Académie royale des Sciences, le 3 mars 1823.)

J'AVAIS fait, il y a environ vingt ans, le travail que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie ; mais l'imperfection des instrumens dont les chimistes se servaient alors dans leurs laboratoires m'avait fait conclure de mon travail des conséquences toutes contraires à celles que j'en tire aujourd'hui.

Je croyais alors qu'un précipité qui se forme au milieu d'un liquide entraîne avec lui une portion quelconque des élémens avec lesquels il se trouvait en contact au moment de sa formation ; et je fis, pour vérifier ce soupçon, un nombre considérable d'expériences ; mais, à cette époque, on ne se servait, pour faire les pesées, dans la plupart des laboratoires de Paris, que de la balance vulgairement nommée *trébuchet* ; et elle était encore d'une si mauvaise construction, que l'on ne pouvait pas, avec certitude, constater entre deux pesées une différence de quelques centigrammes ; d'un autre côté, les poids étaient aussi infidèles que les balances, en sorte que tout éloignait la précision de nos laboratoires (1).

(1) Il n'est point de personne livrée aux sciences qui ne sache de quels instrumens précieux et exacts Lavoisier faisait usage ; on en rencontrait d'également parfaits dans les laboratoires particuliers de M. Berthollet, de M. Fourcroy et de plusieurs autres chimistes, ainsi que dans celui de l'Ecole

Avec des moyens aussi imparfaits de recherches, je fus forcé de revenir de mon opinion, et je crus dès-lors qu'un précipité bien lavé est toujours exempt des diverses substances au milieu desquelles il est formé.

Je n'avais en effet obtenu, dans mes recherches, que des résultats qui différaient à peine de quelques centièmes; et alors les chimistes regardaient comme parfaitement conformes des résultats qui ne présentaient pas de plus grandes différences, qu'ils attribuaient, soit à l'imperfection de leurs instrumens, soit aux pertes inévitables que l'on devait éprouver dans la manipulation. Depuis cette époque, l'exactitude a été portée à un bien plus haut degré; et c'est particulièrement depuis les beaux travaux des chimistes français sur les métaux produits par les alcalis, que nous sommes accoutumés à ne plus nous contenter d'approximations, et que nous apportons dans nos travaux cette exactitude sans laquelle la science ne peut pas espérer de véritables progrès.

Des faits nouveaux m'ont ramené à mon ancienne opinion, et ils étaient trop frappans pour ne pas m'engager à de nouvelles recherches.

Ayant à faire quelques expériences sur le sulfate de plomb, je préparai ce sel en versant de l'acide sulfu-

---

polytechnique; mais ces instrumens rigoureux ne se rencontraient pas habituellement dans les laboratoires, et ne se trouvaient, il y a vingt ans, que dans les mains de peu de personnes. En rapportant l'erreur grave dans laquelle j'étais tombé à cette époque, j'ai voulu faire voir, par mon exemple, combien il est important de ne se servir que d'instrumens exacts.

rique en excès dans une solution de cristaux de nitrate très-pur. Après avoir laissé à la liqueur surnageante le temps de s'éclaircir, je la décantai et lavai plusieurs fois le précipité dans le bocal avec de l'eau distillée, pour enlever l'acide libre; ensuite je le mis sur un filtre pour continuer les lavages. L'entonnoir sur lequel était mon filtre fut posé par hasard sur le flacon dans lequel était l'eau surnageante que j'avais retirée de dessus mon précipité, et qui contenait de l'acide sulfurique. Je vis avec étonnement que les eaux de lavage qui découlaient du filtre occasionaient dans cette liqueur un précipité blanc. Je fus donc porté à conclure que, malgré le grand excès d'acide qui était en présence, il s'était précipité avec le sulfate de plomb une certaine quantité de nitrate de cette base.

A la même époque, je m'occupais de l'analyse de résidus salins contenant une grande quantité de sous-carbonate de soude. Ayant l'habitude de contrôler toujours mes résultats analytiques par plusieurs moyens différens, un de ceux que je voulus employer fut la saturation par l'acide sulfurique, en déterminant le poids de cet acide nécessaire pour saturer l'alcali de mes divers produits salins. Mais il fallait déterminer préalablement la quantité d'acide réel que contenait l'acide sulfurique que je voulais employer; et pour cela, j'en pris des quantités déterminées que je précipitai par le nitrate de baryte. Deux expériences comparatives me donnèrent des poids si différens de sulfate de baryte, que je fus porté à croire que j'avais commis erreur dans mes pesées. Je fis donc deux nouvelles précipitations; mais j'eus des résultats qui, malgré tous mes soins, furent encore très-

discordans entr'eux et très-éloignés des premiers. Je remarquai de plus que, après avoir fait sécher mes précipités à la chaleur de l'étain fondant, ils dégageaient, par la calcination au rouge, une grande quantité de gaz nitreux. Il me fallut nécessairement conclure de ces résultats que le sulfate de baryte entraîne le nitrate de baryte, comme nous avons vu tout-à-l'heure le sulfate de plomb exercer la même action sur le nitrate.

C'est encore dans ce temps que M. Gay-Lussac publia son analyse du sulfate de magnésie, qui rectifie celle que j'avais donnée peu auparavant. J'étais assuré du soin que j'avais mis dans mes recherches, et je ne pouvais concevoir comment le chimiste célèbre qui les vérifiait avait pu obtenir des résultats qui ne fussent pas parfaitement conformes aux miens. Je recommençai donc mon analyse, et je vis que la différence qui existe entre celle que j'ai donnée et celle que M. Gay-Lussac a faite depuis tient à ce que je m'étais servi de nitrate de baryte pour la précipitation de l'acide sulfurique (1), tandis que le savant académicien a employé le muriate de cette base.

Il ne fallait rien moins que tous ces faits accumulés pour me faire revenir de l'opinion que je m'étais formée de la pureté des précipités, d'après les anciennes expé-

---

(1) J'ai dit dans mon Mémoire que j'avais décomposé le sulfate de magnésie par le muriate de baryte. A cette époque, je croyais qu'il était indifférent d'employer un sel barytique ou un autre ; en sorte que j'ai écrit *muriate de baryte*, sans vérifier si c'était ce sel ou le nitrate que j'avais employé ; mais ayant consulté mes anciennes notes, j'ai reconnu que je m'étais servi du nitrate.

riences que j'avais faites pour la constater, opinion qui d'ailleurs est partagée par tous les chimistes, et que les nombreux travaux de M. Berzelius pour la fixation des proportions déterminées semblaient avoir mise hors de tout doute.

Je revins donc à mes anciennes expériences; mais, cette fois, j'ai opéré avec tout le soin et toutes les précautions que j'ai pu imaginer, et toutes mes pesées ont été faites avec une balance de M. Fortin, qui est sensible à un milligramme.

Ce travail m'a occupé pendant près de six mois à diverses reprises; et la loi que je m'étais faite de ne laver mes précipités que par décantation, et de ne jamais faire usage du filtre, a rendu les lavages très longs, par la difficulté qu'ils mettaient souvent à s'éclaircir. D'une autre part, la dessiccation des précipités que j'opérais dans de petits bocaux de verre demandait un soin minutieux pour éviter la perte que m'aurait fait éprouver l'eau en se dégageant en vapeur et en en projetant une portion quelconque hors du vase. Mais j'ai dû ne pas faire usage de la filtration; d'abord, pour m'assurer du lavage parfait de mes précipités, sur lesquels je versais de l'eau distillée bouillante, et que j'agitais avec une baguette de verre pendant plusieurs minutes; et, en second lieu, parce qu'il est des cas où les eaux de lavages ne passent point claires, et entraînent avec elles une portion considérable du précipité que ne peut retenir le papier à filtrer.

Je vais entrer dans quelques autres détails sur la manière dont j'ai opéré : ils paraîtront peut-être minutieux; mais comme mon but est de prouver que l'analyse chi-

mique n'est pas encore arrivée au point de rigueur où un célèbre chimiste pense qu'elle est parvenue, et que je serai amené à élever des doutes sur un assez grand nombre de proportions qu'il a déterminées, je sens le besoin de captiver la confiance des chimistes, en leur faisant connaître le degré d'exactitude que j'ai mis dans mon travail. J'ai la conviction intime qu'il n'est pas un seul résultat qui ne soit trouvé exact par les personnes qui jugeraient utile de recommencer mes expériences : je pense que la conscience dans les sciences d'expérimentation est un devoir, et c'est un besoin pour moi de consigner la vérité, sans avoir égard aux idées que je veux combattre ou à celles que je suis porté à adopter.

Je faisais la précipitation dans de grands verres à expériences, et je laissais ensuite à la liqueur le temps de s'éclaircir ; lorsqu'elle était parfaitement claire, je l'enlevais avec une pipette, et je la remplaçais ensuite par de l'eau distillée bouillante, parce que c'est un très-bon moyen pour éviter, dans la plupart des cas, que le précipité reste en suspension dans l'eau. Cependant, malgré cette précaution, les eaux de lavage ne s'élaircissaient pas toujours, même au bout de sept à huit jours ; mais, dans les cas où elles étaient parfaitement claires, je les enlevais avec la pipette, et je les remplaçais par de nouvelle eau distillée bouillante. Je continuais ainsi les lavages jusqu'à ce que l'eau ne donnât plus, par les réactifs les plus sensibles, aucun indice de substance étrangère.

Dans les cas où le précipité sur lequel j'opérais était du sulfate de baryte, et que l'eau surnageante ou celle des lavages n'était pas parfaitement éclaircie au bout

de trois ou quatre jours, je l'enlevais soigneusement de dessus le précipité, je la déposais dans un verre à patte, et je versais dans cette eau un petit filet d'acide nitrique si le précipité provenait du nitrate de baryte, ou bien de l'acide muriatique s'il devait son origine à du muriate de baryte. Par ce moyen, la liqueur s'éclaircissait parfaitement, quelquefois en peu d'instans, mais toujours en quelques heures. Ensuite je joignais ce précipité secondaire au précipité principal, et je les desséchais ensemble.

Lorsque les précipités avaient été bien lavés, je les délayais dans un peu d'eau distillée, puis je les transvasais dans de petits bocaux de verre, où je les laissais déposer; et, après avoir enlevé avec la pipette toute l'eau surnageante, j'exposais les précipités à une chaleur de 70 ou 80 degrés centigrades. Lorsqu'ils étaient secs, je mettais les bocaux sur un bain de sable chauffé à la température de l'étain fondant, et je les y tenais pendant cinq ou six heures. Je tarais ensuite ces bocaux encore chauds sur la balance de M. Fortin, après quoi j'en retirais le précipité; puis je repesais le bocal vide, et la différence entre les deux pesées me donnait le poids du précipité desséché modérément.

En retirant mon précipité du bocal, je le versais dans un creuset de platine taré, et j'en constatais le poids; car il restait toujours dans les bocaux quelques petites parties que j'enlevais subsidiairement, en sorte que ce qui était soumis à la calcination ne formait pas toujours la totalité du précipité. J'exposais le précipité à une chaleur modérée, puis au rouge blanc, et je le main-

tenais à ce degré de chaleur pendant vingt-cinq à trente minutes. Après ce temps, je retirais le creuset du feu et je le mettais sur la balance encore chaud; mais la pesée n'était achevée que quand il était refroidi; car, quand on opère avec des balances exactes, on s'aperçoit facilement de l'influence que la présence d'un corps chaud exerce sur la pesée. Je retirais alors le precipité du creuset, je le repesais, et la différence entre la première et la seconde pesée me donnait le poids du précipité calciné, dont la perte m'était donnée par la différence entre les poids constatés avant et après la calcination. Dans tous les résultats que je rapporterai, je n'ai jamais éprouvé la moindre perte, et lorsqu'un accident m'est arrivé, j'ai recommencé scrupuleusement l'expérience.

J'ai toujours mené les résultats comparatifs de front, afin d'être assuré d'avoir opéré dans les mêmes circonstances, et d'être certain que les lavages avaient été également bien faits, puisque j'employais pour chacun d'eux des quantités égales d'eau distillée.

Après avoir ainsi détaillé la marche que j'ai suivie dans mon travail, je vais rapporter les résultats que j'ai obtenus. J'aurai soin de consigner les anomalies qu'ils m'ont présentées, ou les faits qui me semblent intéresser l'analyse chimique.

SECTION PREMIÈRE.

Analyse de l'acide sulfurique aqueux (1) *par le nitrate et le muriate de baryte.*

ART. Ier. *Analyse par le nitrate de baryte.*

J'ai pesé diverses quantités d'acide sulfurique, que j'ai mises dans des verres à patte, et je les ai étendues de quarante fois environ leur volume d'eau distillée. J'ai versé dans cet acide étendu la dissolution barytique, qui elle-même était étendue de plusieurs fois son volume d'eau distillée, et j'ai ensuite procédé au lavage des précipités, puis à leur dessiccation.

Les eaux des lavages faits sur les précipités provenant de l'emploi du nitrate de baryte se sont en général mal éclaircies; il est même des résultats où elles avaient retenu en suspension 1gr.,53 de sulfate de baryte, quoique je les eusse laissées reposer pendant plus de quatre jours. Un filet d'acide nitrique a opéré très-promptement l'éclaircissement de la liqueur. Pourquoi, toutes les précipitations étant faites dans les mêmes circonstances, toutes les eaux de lavages ne s'éclaircissaient-elles pas également bien? Cela tenait peut-être à ce que je n'avais pas employé pour toutes des quantités égales de nitrate de baryte; mais si c'est là la cause, on ne voit pas comment elle a pu agir.

Les précipités obtenus par le nitrate de baryte, quoi-

---

(1) La véritable dénomination de cet acide serait celle d'*hydrŏ-sulfurique;* mais je ne puis l'employer puisqu'elle sert déjà à désigner une autre substance toute différente.

que parfaitement lavés, ont dégagé beaucoup de gaz nitreux lorsqu'ils ont été calcinés dans le creuset de platine. Voici les résultats de cette précipitation :

INDICATION des résultats.	POIDS de l'acide sulfurique.	POIDS du sulfate de baryte modérément (1) chauffé.	POIDS du sulfate de baryte calciné au rouge blanc.
	grammes.	grammes.	grammes.
1er résultat.	7,917	18,030	17,499
2e *id.*	4,122	9,190	8,972
3e *id.*	3,997	8,650	8,518
4e *id.*	2,878	6,113	6,034

Ce qui donne pour 100 d'acide (2) :

	Sulfate de baryte calciné au rouge blanc.	Terme moyen.
1er résultat.....	221,030	215,3665.
2e *id*..........	217,660	
3e *id*..........	213,109	
4e *id*..........	209,667	

(1) Je désigne par là la chaleur portée au dégré de l'étain fondant.

(2) Ces quatre résultats n'ont pas été menés de front ; c'est d'ailleurs par eux que j'ai commencé mon travail, en sorte que les lavages n'ont peut-être pas tous été faits avec le même soin. Mais c'est un simple doute que j'élève, et il ne doit pas moins rester pour constant que la précipitation de l'acide sulfurique par le nitrate de baryte donne des poids de sulfate qui sont plus ou moins discordans entr'eux.

Art. II. *Précipitation de l'acide sulfurique aqueux par le muriate de baryte.*

INDICATION des résultats.	POIDS de l'acide sulfurique employé.	POIDS du sulfate de baryte modérément chauffé.	POIDS du sulfate de baryte calciné au rouge blanc.
	grammes.	grammes.	grammes.
1er résultat.	9,688	20,835	20,468
2e *id.*	6,285	13,533	13,318

Ce qui donne pour cent d'acide :

	Sulfate de baryte calciné au rouge blanc.	Terme moyen.
1er résultat.....	211,277	211,5945.
2e *id.*.........	211,912	

Ainsi, 100 parties du même acide sulfurique ont donné :

Par le nitrate de baryte..... 215,3665 ;
Par le muriate de baryte.... 211,5945.

La pesanteur spécifique de l'acide sulfurique dont on s'est servi dans ces expériences, comparée à celle de l'eau distillée, était, à la température de 11 degrés centigrades, comme 1,812 est à 1,000.

L'on voit, par les résultats que je viens de rapporter,

qu'il est impossible de déterminer, au moyen des sels barytiques, la quantité d'acide réel que contient un acide sulfurique aqueux; et les écarts que présentent entr'eux ceux donnés par le nitrate de baryte, sont de nature à frapper l'attention des chimistes; car ils peuvent expliquer en partie ces proportions si peu concordantes indiquées par divers savans pour la composition de l'acide sulfurique.

SECTION DEUXIÈME.

Analyse des sulfates par le nitrate et le muriate de baryte.

ART. Ier. *Analyse du sulfate de soude.*

J'ai pris du sulfate de soude cristallisé, je l'ai pilé dans un mortier de verre, mis de suite entre des feuilles de papier joseph, et soumis à la presse. Ensuite il a été renfermé dans un flacon bouchant à l'émeril. Au surplus, mon intention n'est pas de déterminer les proportions des sels, mais seulement de faire connaître l'incertitude qui existe dans cette détermination : ainsi, il importerait peu que mes sels retinssent de l'eau qui ne serait pas de composition, ou qu'ils eussent perdu une certaine portion de celle qui entre dans leur constitution. Il suffit, pour que mes résultats soient exacts et comparatifs, que j'aie toujours employé le même sel, et c'est ce que j'ai eu soin de faire, par la précaution que j'ai prise d'en préparer plus qu'il n'en fallait pour tout mon travail.

Le sel, après avoir été pesé, était mis dans de grands verres à expériences, et je versais dessus environ

150 grammes d'eau distillée. Lorsque le sel était dissous, j'y versais la solution de nitrate ou de muriate de baryte, et j'agitais fortement avec une baguette de verre. La masse totale du liquide était alors de 250 à 270 grammes. Ce que je dis ici du sulfate de soude doit s'appliquer à tous les autres sulfates sur lesquels j'ai opéré.

J'ai obtenu de cinq grammes de sulfate de soude les résultats portés au tableau ci-dessous :

DÉSIGNATION du sel employé à la précipitation.		POIDS du sulfate de baryte modérém. chauffé.	POIDS du sulfate de baryte calciné au rouge blanc.	TERMES moyens du sulfate de baryte calciné.
		gramm.	gramm.	gramm.
Nitrate de baryte,	1er résul.	3,690	3,630	3,6510
	2e *id.*	3,695	3,652	
Muriate de baryte,	1er résul.	3,668	3,634	3,6395
	2e *id.*	3,665	3,645	

M. Berzelius a obtenu de 5 grammes de sulfate de soude rougi au feu 8gr.,20 de sulfate de baryte (*Annales de Chimie*. LXXIX. 141); mais dans ses tables des proportions chimiques, 5 grammes de sulfate de soude calciné correspondent à 11gr.,302 de sulfate cristallisé; donc 5 grammes de ce dernier auraient donné 3,6277 de sulfate de baryte.

La précipitation par le nitrate de baryte s'est éclaircie le même jour, tandis qu'il en a fallu deux pour éclaircir celle par le muriate. Le précipité fourni par ce der-

nier sel était moins volumineux que celui obtenu par le nitrate, environ dans le rapport de 1 à 2.

Je dois observer que c'est ici le seul cas où l'eau surnageante de la précipitation par le muriate de baryte ne se soit pas éclaircie avant celle qui était donnée par le nitrate; mais, au surplus, cette anomalie a cessé dans les lavages : ceux faits sur le précipité provenant de l'emploi du muriate de baryte se sont éclaircis dans la journée, au lieu que ceux opérés sur le précipité obtenu par le nitrate donnaient des eaux qui retenaient encore beaucoup de sulfate en suspension au bout de six jours.

Art. II. *Analyse du sulfate de magnésie.*

J'ai pilé des cristaux de sulfate de magnésie très-pur dans un mortier de verre, et j'ai soumis ce sel à la presse entre des papiers joseph. J'ai obtenu de cinq grammes de ce sel les résultats suivans :

Désignation du sel employé à la précipitation.		Poids du sulfate de baryte modérém. chauffé.	Poids du sulfate de baryte calciné au rouge blanc.	Termes moyens du sulfate de baryte calciné.
		gramm.	gramm.	gramm.
Nitrate de baryte,	1er résul.	4,795	4,773	4,7765
	2e *id.*	4,800	4,780	
Muriate de baryte,	1er résul.	4,755	4,736	4,7320
	2e *id.*	4,770	4,728	

M. Gay-Lussac a obtenu par le muriate de baryte de 16gr.,205 de sulfate de magnésie 15gr.,345 de sulfate

de baryte (*Annales de Chimie et de Physique*. XIII. 309); donc 5 grammes lui auraient donné 4gr.,7358.

L'on voit que le second résultat que présente le tableau ci-dessus de la précipitation du sulfate de magnésie par le muriate de baryte est moins fort que le premier; ce qui tient probablement à ce qu'il avait été plus chauffé. J'avais en effet activé le feu de mon fourneau par le moyen d'une cheminée en tôle. Faudrait-il donc en conclure qu'à une chaleur encore plus intense la perte eût été plus considérable?

Le précipité produit par le muriate de baryte était trois à quatre fois plus volumineux que celui fourni par le nitrate. Les eaux de lavages provenant de ce dernier n'étaient point claires après quatre jours, et il a fallu employer l'acide nitrique pour les éclaircir.

M. Berzelius, dans ses dernières recherches (*Annales de Chimie et de Physique*. XIV. 363), nous apprend que le muriate de baryte ne peut pas servir à déterminer les proportions du sulfate de magnésie, d'après l'observation qu'il a faite que le sulfate de baryte produit entraîne avec lui du muriate de magnésie, qu'il rend presque insoluble, et il attribue à cette cause les grands écarts que ses résultats lui ont présentés, puisque 10 grammes de sulfate de magnésie lui ont donné, dans ses anciennes expériences, 19gr.,20 de sulfate de baryte, et qu'il a obtenu dans ses nouvelles recherches 19,64 à 19,81.

ART. III. *Analyse du sulfate d'ammoniaque.*

J'ai purifié avec soin du sulfate d'ammoniaque par plusieurs cristallisations; puis, après avoir bien égoutté

les cristaux de ce sel purifié, je les ai pilés dans un mortier de verre et soumis à la presse entre des papiers joseph. Le sel ainsi desséché a ensuite été renfermé dans un flacon bouchant à l'émeril.

Cinq grammes de sulfate d'ammoniaque précipités par le nitrate et le muriate de baryte m'ont donné les résultats suivans :

DÉSIGNATION des sels employés à la précipitation.		POIDS du sulfate de baryte modérement chauffé.	POIDS du sulfate de baryte calciné au rouge blanc.	TERMES moyens du sulfate de baryte calciné.
		gramm.	gramm.	gramm.
Nitrate de baryte,	1er résul.	9,025	8,883	8,8845
	2e id.	9,027	8,886	
Muriate de baryte,	1er résul.	8,812	8,590	8,6100
	2e id.	8,818	8,630	

M. Berzelius n'a point fait l'analyse du sulfate d'ammoniaque en déterminant la proportion de l'acide ; c'est par la perte en ammoniaque, d'une part, et en eau, de l'autre, que les proportions des élémens de ce sel ont été conclues (*Annales de Chimie*. LXXXII. 117) ; mais on peut savoir la quantité de sulfate de baryte qu'il aurait obtenue, en prenant, dans son *Traité des Proportions chimiques*, la quantité d'acide sulfurique que contient le sulfate d'ammoniaque, et le poids du sulfate de baryte auquel cette quantité correspond. D'après ces données, on trouve que 5 grammes de sulfate d'ammoniaque produiraient 7gr.,7528 de sulfate de baryte.

La précipitation par le nitrate de baryte a donné un précipité plus volumineux que celui obtenu par l'emploi du muriate; mais dans le lavage cela a changé : le précipité donné par le muriate de baryte était environ le double de celui qui avait été fourni par le nitrate.

Les eaux surnageant la précipitation se sont parfaitement éclaircies dans les deux cas; mais il n'en a pas été de même pour les eaux de lavages : l'eau qui lavait le précipité obtenu par le muriate de baryte s'éclaircissait assez promptement et complètement; au contraire, celle qui était versée sur le précipité provenant du nitrate n'a pu s'éclaircir que par l'addition de l'acide nitrique.

M. Gay-Lussac a indiqué l'emploi des sels ammoniacaux pour faire précipiter le sulfate de baryte qui reste quelquefois en suspension (*Annales de Chimie et de Physique*. XVI. 436); mais je ne crois pas que ce moyen soit toujours bon; et l'on voit même ici que l'eau du premier lavage du précipité provenant du nitrate de baryte par le sulfate d'ammoniaque, dans laquelle il y avait nécessairement un peu de nitrate d'ammoniaque, n'a pu s'éclaircir que par le secours de l'acide nitrique. On dira peut-être qu'il n'y avait pas assez de sel ammoniacal en présence pour opérer cet effet : cela peut être; mais ce qui prouverait du moins que ces sels n'agissent pas comme le pense M. Gay-Lussac, c'est qu'il est des cas où l'eau, quoique contenant une assez grande quantité de sels solubles en dissolution, retient cependant en suspension avec force des sels insolubles, tandis que, dans d'autres circonstances, de l'eau exempte de tous sels solubles n'exerce aucune action sur les sels insolubles : et nous en avons un exemple dans le cas particulier qui

nous occupe. Toutes les eaux des lavages faits sur le précipité provenant du muriate de baryte, même la dernière, se sont parfaitement éclaircies, tandis que la première qui a passé sur le précipité obtenu par le nitrate n'a pu s'éclaircir. Mais s'il était vrai qu'il ne fallût que mettre des sels solubles en présence pour opérer promptement la précipitation des sels insolubles, pourquoi, lorsque l'on verse la solution d'un muriate quelconque en grand excès, même celle de muriate d'ammoniaque, dans une dissolution de nitrate d'argent, la liqueur ne s'éclaircit-elle quelquefois qu'au bout de vingt-quatre heures? Cependant vous avez ici dans l'eau, pour satisfaire son action, non-seulement le muriate mis en excès, mais encore le nitrate qui résulte de la décomposition du nitrate d'argent. Je pourrais citer beaucoup d'autres exemples semblables; car j'ai vu tellement d'anomalies dans l'étude que j'ai faite de la précipitation des sels insolubles, que j'aurais plusieurs faits curieux à rapporter ici; mais ils m'entraîneraient dans une discussion que je ne veux pas établir dans ce moment.

Art. IV. *Analyse de l'alun.*

Cinq grammes d'alun cristallisé, puis pilé et soumis à la presse entre des papiers joseph, ont été mis dans des verres, et l'on a versé dessus de l'eau distillée. J'ai obtenu de la précipitation par le nitrate et le muriate de baryte les résultats présentés dans le tableau ci-contre :

Désignation des sels employés à la précipitation.		Poids du sulfate de baryte modérément chauffé.	Poids du sulfate de baryte calciné au rouge blanc.	Termes moyens du sulfate de baryte calciné au rouge.
		gramm.	gramm.	gramm.
Nitrate de baryte,	1er résul.	4,957	4,925	4,917
	2e *id.*	4,945	4,905	
	3e *id.*	4,977	4,920	
Muriate de baryte,	1er résul.	4,910	4,883	4,884
	2e *id.*	4,912	4,886	
	3e *id.*	4,940	manque	

M. Berzelius a obtenu de 20 grammes d'alun précipités par le muriate de baryte 19gr.,973 de sulfate rougi (*Annales de Chimie*. LXXXII. 258); ce qui lui aurait donné pour 5 grammes 4gr.,993, résultat qui élève la proportion de l'acide de deux pour cent au-dessus des miens.

Le précipité obtenu par le muriate de baryte était beaucoup plus volumineux que celui fourni par le nitrate, et les eaux de lavages du premier se sont toujours parfaitement éclaircies en six ou huit heures; tandis que celles provenant du lavage du précipité obtenu par le nitrate n'étaient point claires après plusieurs jours, et l'on a été obligé d'employer l'acide nitrique pour les éclaircir.

J'ai fait cinq lavages à l'eau bouillante sur le précipité obtenu de l'alun, tandis que pour le précipité obtenu par le sulfate de soude, par exemple, trois lavages ont suffi; mais le quatrième lavage fait sur le

premier précipité donnait encore quelque louche par le nitrate d'argent; ce qui m'a engagé à en faire un cinquième. Cependant le précipité obtenu par le nitrate de baryte m'a donné du gaz nitreux, lorsque je l'ai calciné dans le creuset de platine. Mais la décomposition de l'alun par les sels barytiques m'a présenté un phénomène bien plus extraordinaire, et que je vais rapporter.

Je viens de faire remarquer que les lavages des précipités avaient été bien plus nombreux que de coutume, et certes l'eau qu'ils contenaient lorsque je les ai desséchés ne pouvait pas retenir le moindre vestige des sels qui surnageaient lors de la précipitation; car, en admettant que le poids de cette eau fût équivalent à la moitié du poids du précipité, c'est-à-dire, à 3 grammes environ, j'ai fait cinq lavages, et à chaque j'ai employé 160 à 180 grammes d'eau distillée; il s'ensuit donc que l'eau du cinquième lavage ne contenait pas la millionième partie du liquide surnageant à la précipitation; et en admettant que ce liquide contînt la dixième partie de sels muriatiques, ce qui n'était pas à beaucoup près, il s'ensuivrait qu'il n'y avait pas dans l'eau que contenaient les précipités lorsque je les ai fait sécher, un dix-millionième de son poids de sels muriatiques. Cependant, lors de la calcination des précipités obtenus par le muriate de baryte, j'ai cru reconnaître en ouvrant le creuset l'odeur de l'acide muriatique. Pour éclaircir ce soupçon, j'introduisis le précipité provenant du troisième résultat dans une petite cornue de verre, dont je fis plonger le bec dans un verre plein d'eau qui tenait en dissolution un peu de nitrate d'argent : je mis le

feu sous la cornue, et je la portai au rouge. Les dernières portions de l'air dilaté qui traversèrent l'eau la louchirent, et une goutte de liquide qui s'était rassemblée dans le col de la cornue occasiona un précipité abondant de muriate d'argent, lorsqu'elle se réunit à la dissolution d'argent que contenait le verre. Ce fait me paraît très-important ; car non-seulement il prouve que le sulfate de baryte avait entraîné des sels muriatiques, soit à base de baryte, soit à base d'alumine et de potasse, et peut-être tous ensemble ; mais, de plus, il avait encore entraîné de l'alun indécomposé ; et, lors de la calcination au rouge, l'acide de l'alun s'est porté sur la base des muriates, et a dégagé de l'acide muriatique. Je ne présenterai point ici les conclusions que l'on doit tirer de ce résultat : j'y reviendrai dans la dernière section de ce travail.

SECTION TROISIÈME.

Analyse du nitrate et du muriate de baryte par l'acide sulfurique et les sulfates.

ART. Ier. *Analyse du nitrate de baryte par l'acide sulfurique et les sulfates.*

J'ai versé dans une dissolution de nitrate de baryte très-étendue d'eau, un peu plus de la moitié de l'acide sulfurique nécessaire à son entière décomposition ; en sorte qu'il est resté dans la liqueur près de la moitié du nitrate de baryte indécomposé. Après avoir laissé reposer pendant cinq jours, j'ai décanté la liqueur surnageante, dont le poids était de 618 grammes. Le précipité que cette liqueur surnageait a été transvasé dans un

plus petit bocal. Le poids de ce précipité humide était de 23gr.,50.

On a versé sur ces 23gr.,50 de l'eau distillée bouillante, l'on a bien agité avec une baguette de verre, on a ensuite laissé reposer, et lorsque la liqueur a été bien éclaircie, elle a été enlevée avec une pipette, et l'on a versé dedans de l'acide sulfurique, lequel y a occasioné un précipité de sulfate de baryte qui a été recueilli. Le lavage a été recommencé neuf fois de la même manière; et, lorsque l'eau que j'enlevais ne s'était point éclaircie après quatre ou cinq jours de repos, je la mettais dans un verre, et j'en faisais précipiter le sulfate de baryte au moyen de l'acide nitrique; après quoi je l'enlevais de dessus le précipité, puis je versais dans cette liqueur éclaircie l'acide sulfurique nécessaire à la décomposition du sel barytique qu'elle contenait. Voici le résultat de ce travail :

NUMÉROS des lavages.	POIDS du sulfate de baryte produit par chaque eau de lavage.
	gramm.
1er.......	0,550
2e.......	0,320
3e.......	0,290
4e.......	0,140
5e.......	0,065
6e.......	0,042
7e.......	0,025
8e.......	0,025
9e.......	N'a point été recueilli.

Je me suis arrêté au neuvième lavage, dont l'eau louchissait par l'acide sulfurique; et il est probable qu'il en aurait encore fallu plusieurs autres pour arriver au terme où l'eau ne se serait plus chargée de sels barytiques.

Après les neuf lavages, le précipité humide pesait 22gr.,70, qui se sont réduits par la dessiccation à 16gr.,50. Ils ont été mis dans une petite cornue de verre, qui a été chauffée jusqu'à la fusion : avant ce terme, il s'est dégagé du gaz nitreux, en petite quantité, à la vérité; car l'intérieur de la cornue n'était que très-légèrement roussâtre.

Le précipité, lorsque je l'ai soumis au lavage, contenait donc environ 6 grammes d'eau; mais ces 6 grammes d'eau ne contenaient que 0gr.,146 de nitrate de baryte, qui donneraient 0gr.,1302 de sulfate. Or, le poids du sulfate de baryte que j'ai recueilli des huit eaux de lavage était de 1gr.,437; donc 16gr.,50 de sulfate de baryte ont entraîné avec eux et rendu insoluble 1gr.,3068 de nitrate de baryte.

J'ai cherché dans les Tables de M. Berzelius si le rapport entre le sulfate et le nitrate était en proportion atomique; voici les nombres que l'on trouve : le poids de l'atome du sulfate de baryte est de 2916,18, et celui du nitrate est de 3268,38. D'après ces données, la quantité de nitrate de baryte entraînée par le sulfate correspond à un peu moins d'un demi-atome, et celle du sulfate à cinq atomes; mais comme nous avons négligé la neuvième eau de lavage, et que la distillation du précipité nous a fait reconnaître qu'il retenait encore un peu de nitrate de baryte, on doit admettre que ce précipité, dans les cir-

constances où j'ai agi, se composait de dix atomes de sulfate de baryte et d'un atome de nitrate.

J'ai versé dans les 618 grammes d'eau qui surnageaient sur le précipité qui a subi les neuf lavages ci-dessus, de l'acide sulfurique en très-grand excès. J'ai laissé reposer pendant trois jours, après lesquels j'ai décanté l'eau surnageante. Le poids du précipité humide était de 36 grammes; desséché après six lavages, il pesait 13$^{gr.}$,50.

Il est à remarquer que l'eau du cinquième lavage précipitait encore par le muriate de baryte; d'où j'en ai conclu que le sulfate de baryte avait entraîné de l'acide sulfurique; car sans cela quatre lavages eussent été plus que suffisans pour faire disparaître toute trace de cet acide.

Les 13$^{gr.}$,50 ont été mis dans une petite cornue de verre, qui, ayant été portée au rouge, s'est remplie de gaz nitreux. Il faut conclure de ces résultats que, lorsque l'on précipite une dissolution de nitrate de baryte par de l'acide sulfurique en excès, le précipité entraîne avec lui du nitrate de baryte et de l'acide sulfurique. L'acide sulfurique enlevé par les eaux de lavages étant en plus grande quantité qu'il ne faut pour décomposer le nitrate de baryte qu'elles enlèvent au précipité, une partie de l'acide décompose le nitrate qui a été soustrait, et l'autre reste libre dans la liqueur. Il est donc probable que si nous avions un réactif qui dénotât l'acide nitrique, j'en aurais reconnu la présence concurremment avec celle de l'acide sulfurique.

Après avoir fait connaître l'incertitude que présente l'analyse du nitrate de baryte au moyen de l'acide sulfurique, je vais présenter les résultats que la décom-

position de ce sel par cet acide et les sulfates m'a donnés.

J'ai opéré sur cinq grammes de nitrate de baryte, qui a été parfaitement desséché à la presse entre du papier joseph; mais ce sel retenant souvent de l'eau dans les interstices des cristaux, j'en ai mis 5 grammes dans le creuset de platine, que j'ai chauffé à 140 ou 150 degrés centigrades, et j'ai maintenu la chaleur à ce terme pendant cinq heures : ils ont perdu 0$^{gr.}$,02. Je n'ai point fait la correction que nécessite cette perte, et je donne mes résultats tels que je les ai obtenus.

Je répète ici que mon but n'est pas de donner l'analyse d'aucun sel, mais seulement de faire connaître l'incertitude que présente la détermination des proportions chimiques; il suffit donc pour cela que mes résultats soient comparables entr'eux, et ils le sont, puisque toutes mes opérations ont été faites sur le même sel.

DÉNOMINATION des précipitans.		POIDS des précipités modérément chauffés.	POIDS des précipités chauffés au rouge blanc.	TERMES moyens du poids des précipités chauffés au rouge blanc.	QUANTITÉ de baryte que contiennent 100 de nitrate, d'après les résultats ci-contre.
		gramm.	gramm.	gramm.	gramm.
Acide sulfurique.....	1er rés.	4,480	4,410	4,4100	57,89
	2e *id.*	4,445	4,410		
Sulfate de magnésie...	1er rés.	4,537	4,480	4,4750	58,74
	2e *id.*	4,528	4,470		
Sulfate de soude.....	1er rés.	4,540	4,475	4,4725	58,71
	2e *id.*	4,515	4,470		
Alun................	1er rés.	4,547	4,486	4,4885	58,92
	2e *id.*	4,535	4,491		
Sulfate d'ammoniaque.	1er rés.	4,555	4,474	4,4730	58,71
	2e *id.*	4,553	4,472		
Sulfate de cuivre.....	1er rés.	4,530	4,456	4,4625	58,57
	2e *id.*	4,550	4,459		

M. Berzelius a obtenu de 5 grammes de nitrate de baryte décomposés par l'acide sulfurique 4$^{gr.}$,4335 de sulfate. La même quantité de nitrate de baryte décomposée par le sulfate d'ammoniaque lui a donné 4$^{gr.}$,4535 de sulfate de baryte. (*Ann. de Chim.* LXXXII. 173-174.)

Dans les Tables publiées par ce chimiste, 100 de nitrate de baryte contiennent 58,56 de base.

C'est d'après les proportions du sulfate de baryte indiquées dans ces Tables que j'ai obtenu les nombres de la cinquième colonne.

Toutes les eaux surnageantes et les eaux de lavages des précipités obtenus dans ces essais se sont parfaitement éclaircies de suite, à quelques anomalies près. Il me semble que l'on pourrait en conclure que le sulfate de baryte obtenu de la précipitation des sulfates par le nitrate de baryte en excès, et celui obtenu du même sel décomposé par les sulfates en excès, ne sont pas parfaitement identiques, puisque les eaux de lavages des premiers ne se sont presque jamais éclaircies, tandis que celles des seconds sont devenues claires immédiatement. L'eau exerçait donc sur les premiers une action qu'elle n'exerçait pas sur les seconds, et pour cela, il faut qu'il y ait certainement une différence quelconque soit dans la composition, soit dans l'arrangement des molécules.

Trois lavages ont suffi pour que le précipité par l'acide sulfurique ne donnât plus aucun indice de la présence de cet acide. Il en a fallu quatre pour que les précipités obtenus par l'alun et les sulfates de magnésie, de soude et de cuivre, ne donnassent plus, par les sels barytiques, aucun indice de la présence de l'acide sulfurique; enfin le précipité obtenu par le sulfate d'ammo-

niaque a exigé six lavages, et encore la sixième eau donnait-elle des indices très-prononcés de la présence de l'acide sulfurique. Ces résultats nous font connaître que le sulfate de baryte, qui avait entraîné dans sa précipitation du sulfate avec lequel il se trouvait en contact lors de sa formation, retient le sulfate d'ammoniaque avec plus de force que les autres, puisque ceux-ci ont été enlevés par quatre lavages, et que six n'ont pas été suffisans pour faire disparaître les dernières traces du premier.

ART. II. *Analyse du muriate de baryte par l'acide sulfurique et les sulfates.*

J'ai versé dans une dissolution de muriate de baryte de l'acide sulfurique en très-grand excès; j'ai laissé le précipité se rassembler, et, au bout de trois jours, j'ai décanté l'eau qui surnageait. Je l'ai ensuite partagé dans deux grands verres à pate, pour être lavé dans l'un par de l'eau distillée, dans l'autre par de l'alcool.

J'ai fait trois lavages successifs avec de l'eau distillée bouillante sur la partie du précipité destinée à être lavée par ce liquide : l'eau du troisième lavage ne rougissait pas le papier teint par le tournesol. J'ai versé le précipité sur un filtre, et je l'ai lavé avec de l'eau distillée bouillante, essayant le liquide de chaque lavage au moyen de la dissolution de nitrate d'argent. La huitième eau qui a été versée sur le filtre louchissait très-fortement par ce réactif. Désespérant de purifier le précipité par ce moyen, j'ai fait égoutter le filtre sur du papier gris, et, lorsqu'il a été sec, je l'ai divisé en deux portions, une que je désignerai par *A*, l'autre par *B*.

La portion *A*, ayant été desséchée, fut mise dans une cornue de verre dont le bec plongeait dans l'eau distillée qui contenait un peu de nitrate d'argent. Le feu étant mis sous la cornue, l'air dilaté se dégagea d'abord; ensuite il se rassembla quelques gouttelettes d'eau dans le col de la cornue. L'absorption qui se fit dans ce col mélangeant la dissolution de nitrate d'argent avec le liquide produit par la distillation du précipité, toute la dissolution devint immédiatement blanche, et il se forma un précipité de muriate d'argent. Cependant le sulfate de baryte soumis à la distillation avait été soigneusement lavé, ainsi que je l'ai rapporté plus haut.

La portion *B* fut parfaitement broyée dans un mortier de verre, et mise dans un grand verre à pate. Je versai dessus de l'eau distillée bouillante; après avoir laissé éclaircir, j'enlevai l'eau surnageante avec une pipette, et je remplis le verre de nouvelle eau distillée également bouillante. Lorsqu'elle fut claire, je l'essayai avec la dissolution de nitrate d'argent; il y eut un louche très-prononcé. Je fis donc un troisième lavage, et l'eau que j'en retirai donnait à peine des indices de louche avec le nitrate d'argent. J'enlevai cette eau, je la remplaçai par de nouvelle eau distillée bouillante, et le tout fut versé sur un filtre. Je fis ensuite dessécher le précipité, qui fut soumis à la distillation, ainsi que je l'ai rapporté pour la portion *A*. L'eau qui s'est rassemblée dans le col de la cornue a produit, comme dans le cas mentionné, un précipité dans la dissolution avec laquelle elle se mélangea. Il me semble que la conclusion naturelle de ce résultat est que, lorsque l'on décompose du muriate de baryte par l'acide sulfurique en excès, le

précipité entraîne avec lui du muriate de baryte, de l'acide sulfurique, et probablement aussi de l'acide muriatique; qu'il retient ces corps avec force, puisqu'un nombre considérable de lavages successifs n'a pu les enlever.

J'avais destiné une portion du sulfate de baryte obtenu ci-dessus de la décomposition du muriate par l'acide sulfurique à être lavée par l'alcool. Je mis donc ce sulfate dans un verre à pate, et je versai dessus de l'esprit-de-vin; mais le précipité, au lieu de se déposer, comme je le croyais, sous un petit volume, augmenta au contraire son volume de trois ou quatre fois. Au bout de trois jours, j'enlevai l'esprit-de-vin qui surnageait, et je fis trois autres lavages successifs avec ce menstrue. L'esprit-de-vin du quatrième lavage rougissait à peine le papier teint par le tournesol; je mis donc le précipité sur un filtre, où je lui fis subir douze lavages. Deux où trois grammes de l'alcool du douzième lavage, évaporés dans une petite capsule de platine, ne laissèrent rien. Je fis alors dessécher le précipité, et, lorsqu'il fut sec, j'en mis une portion dans une petite cornue, et je le soumis à la distillation, comme j'ai mentionné plus haut; mais le précipité formé dans la dissolution d'argent fut tellement abondant, que je me persuadai que mon précipité n'avait pas été suffisamment lavé. Je fis alors évaporer tout l'alcool qui avait servi au dernier lavage; il resta quelques traces d'un liquide qui, étendu d'eau, rougit fortement le papier teint de tournesol. Je n'avais point obtenu ce résultat la première fois, parce que la petite quantité d'alcool que j'avais évaporée

n'avait pu laisser assez de résidu pour agir sur la teinture végétale.

Je repris donc la portion de sulfate qui n'avait pas été soumise à la distillation; je la mis dans un verre à pate, et je lui fis subir des lavages à l'alcool jusqu'à ce que celui-ci ne laissât plus après son évaporation la moindre trace d'acide. Lorsque ces lavages furent terminés, je fis dessécher le précipité, et je le soumis à la distillation de la manière accoutumée. La dissolution d'argent fut abondamment précipitée. Il s'éleva dans le col de la cornue un sublimé blanc impondérable, et la partie de la panse qui touche au col avait pris une teinte jaunâtre. Je ne pense pas que ce soit du soufre, car il se serait volatilisé plus loin; mais je suis porté à croire que c'était une huile végétale qui s'était formée, et qui s'est décomposée en touchant le verre qui était fortement chauffé. Ce qui confirme cette présomption, c'est que l'eau dans laquelle plongeait le bec de la cornue avait pris une très-légère odeur empyreumatique. J'avais observé le même résultat lors de la première distillation, et même la présence de la matière végétale était non équivoque; car, outre l'odeur empyreumatique très-forte que l'eau portait avec elle, il y avait aussi quelques traces de matière charbonneuse qui surnageait. Nous devons donc conclure de ce résultat que le sulfate de baryte avait conservé une petite portion d'alcool, qui y était retenu par une force d'affinité avec une substance quelconque, puisque cet alcool ne s'est pas dégagé par la chaleur, et qu'il est resté fixé dans le précipité pour n'en sortir que lors de la désunion de ses élémens. Le sulfate de baryte

qui était resté dans la cornue avait pris une couleur grise.

Je vais rapporter, dans le tableau suivant, le résultat de la décomposition du muriate de baryte par l'acide sulfurique et les sulfates.

DÉNOMINATION des précipitans.		POIDS des précipités modérément chauffés.	POIDS des précipités chauffés au rouge blanc.	TERMES moyens des précipités chauffés au rouge blanc.	QUANTITÉ de baryte que contiennent 100 de muriate d'après les résultats ci-contre.
		gramm.	gramm.	gramm.	gramm.
Acide sulfurique	1er rés.	manquent.	4,745	4,7380	62,217
	2e *id.*		4,740		
	3e *id.*		4,730		
Sulfate de magnésie	1er rés.	4,770	4,735	4,7425	62,325
	2e *id.*	4,780	4,750		
Sulfate de soude	1er rés.	4,805	4,785	4,7917	62,850
	2e *id.*	4,810	4,790		
	3e *id.*	4,820	4,800		
Alun	1er rés.	4,850	4,810	4,8117	63,136
	2e *id.*	4,845	4,815		
	3e *id.*	4,835	4,810		

M. Berzelius a obtenu de 10 grammes de muriate de baryte privé d'eau décomposé par l'acide sulfurique 11gr.,217 à 11gr.,218 de sulfate (*Annales de Chimie et de Physique*. XI. 113). D'après ses Tables, il aurait obtenu de 5 grammes de muriate cristallisé 4gr.,7815 de sulfate de baryte.

Dans ces mêmes Tables, 100 de muriate de baryte contiennent 62,77 de base.

Les précipités ont été lavés jusqu'à ce que les eaux de lavages ne donnassent plus le moindre louche par le muriate de baryte. Il a fallu trois lavages pour le préci-

pité obtenu par l'acide sulfurique, quatre pour celui fourni par l'alun, et cinq pour ceux donnés par les sulfates de soude et de magnésie. L'on voit par conséquent que le sulfate de baryte obtenu par ces deux derniers sels retenait les sulfates avec une plus grande force que celui qu'a produit l'alun; mais le hasard m'a fait faire une remarque encore plus intéressante.

Tous mes précipités ont toujours été calcinés dans un creuset de platine; ce creuset étant occupé pour le moment, je calcinai dans un creuset d'argent un des précipités obtenus par l'alun, et lorsque je retirai le creuset du feu, il était taché en noir dans plusieurs parties où le précipité se trouvait en contact avec le métal. On ne peut pas douter que ces taches noires ne fussent dues à une couche de sulfure d'argent, qui s'était formé au moyen du soufre provenant de la décomposition de l'acide sulfurique par le métal; donc le sulfate de baryte avait entraîné avec lui de l'alun, que les eaux de lavages n'ont pas pu lui enlever.

SECTION QUATRIÈME.

Analyse du nitrate d'argent par l'acide muriatique et les muriates.

J'ai fait voir, dans la seconde et la troisième section de ce travail, l'incertitude très-grande qui existe dans l'analyse des sulfates et dans celle des sels barytiques : je vais faire voir dans celle-ci que l'analyse des muriates n'est point encore arrivée à ce point de précision que l'on croit avoir atteint.

J'ai obtenu de l'argent pur, en traitant le muriate par

le zinc et l'acide sulfurique. Après la revivification, j'ai soigneusement lavé le métal, d'abord avec une eau aiguisée d'acide, puis avec de l'eau pure. Le métal en poudre a ensuite été dissous par l'acide nitrique, ayant eu soin de mettre moins de cet acide qu'il n'en fallait pour l'entière dissolution de l'argent, et pour me procurer de cette sorte une dissolution aussi saturée de métal que possible. Ma dissolution de nitrate d'argent fut étendue de cinq ou six fois son volume d'eau, et renfermée dans un flacon bouché à l'émeril. Voici les résultats que m'a donnés la décomposition de ce sel par l'acide muriatique et les muriates :

DÉSIGNATION des précipitans.		QUANTITÉS de nitrate d'argent employées.	POIDS du muriate d'argent produit.	POIDS du muriate d'argent qu'auraient fourni 100 de la dissolution.	TERMES moyens des poids du muriate d'argent fourni par 100 de la dissolution.
		gramm.	gramm.	gramm.	gramm.
Acide muriatique....	1er rés.	21,180	5,625	26,558	26,553
	2e id.	19,485	5,173	26,648	
Muriate de soude....	1er rés.	24,280	6,458	26,598	26,577
	2e id.	18,620	6,945	26,556	
Muriate de chaux.....	1er rés.	21,335	5,685	26,646	26,640
	2e id.	18,960	5,050	26,635	
Muriate de baryte.....	1er rés.	18,018	4,800	26,640	26,644
	2e id.	17,825	4,750	26,649	
Muriate de magnésie..	1er rés.	17,907	4,777	26,676	26,653
	2e id.	17,397	4,633	26,631	
Muriate d'ammoniaq.	1er rés.	21,107	5,884	26,616	26,591
	2e id.	16,370	4,349	26,567	

Toutes les eaux surnageant sur les précipités sont restées troubles, et ne se sont éclaircies qu'après douze ou vingt quatre heures : cependant il y avait dans ces eaux un grand excès de muriate ; ce qui prouve que ce n'est

pas à la présence des sels solubles que l'on peut attribuer uniquement la précipitation des sels insolubles.

L'acide muriatique et le muriate de soude ont sensiblement donné le même produit ; mais les autres muriates ont donné un poids excédant d'un deux cent cinquantième environ : l'écart n'est pas très-considérable ; mais enfin ce n'est pas là une exactitude portée au millième, comme on pense que cela soit possible.

SECTION CINQUIÈME.

Analyse des sous-carbonates alcalins par le nitrate et le muriate de chaux.

ART. Ier. *Analyse du sous-carbonate de soude.*

Les sels calcaires solubles sont souvent employés, dans l'analyse chimique, pour déterminer la quantité de sous-carbonate alcalin que peut contenir un liquide ; il était donc important de rechercher si le nitrate et le muriate de chaux donnaient les mêmes résultats. Je vais présenter, dans le tableau suivant, ceux que j'ai obtenus relativement au sous-carbonate de soude :

DÉSIGNATION des précipitans.		POIDS de la dissolution de sous-carbonate de soude employée.	POIDS du sous-carbonate de chaux obtenu.	POIDS du sous-carbonate de chaux qu'auraient donné 100 de la dissolution.	TERMES moyens du poids du sous-carbonate de chaux qu'auraient donné 100 de la dissolution.
		gramm.	gramm.	gramm.	gramm.
Nitrate de chaux...	1er rés.	15,788	0,992	6,2832	6,2969
	2e *id.*	14,420	0,910	6,3107	
Muriate de chaux...	1er rés.	18,648	1,118	5,9953	6,0749
	2e *id.*	16,638	1,024	6,1546	

Le sous-carbonate de chaux a été séché dans de petites capsules de porcelaine, qui ont été mises sur un bain de sable chauffé à 150 ou 200 degrés centigrades; et comme tous les résultats ont été placés ensemble sur le bain de sable, on ne peut pas douter qu'ils ne fussent également secs.

Les eaux surnageantes de la précipitation se sont éclaircies parfaitement au bout de dix ou douze heures; mais comme j'ai souvent observé que, dans de pareils cas, la liqueur soumise à l'ébullition laisse précipiter du sous-carbonate de chaux, j'ai réuni dans un matras les deux eaux surnageantes provenant de la précipitation par le nitrate de chaux; je les ai fait bouillir pendant un quart d'heure, et ensuite j'ai versé le liquide bouillant dans un grand verre conique. Il s'est rassemblé du sous-carbonate de chaux qui, bien lavé et séché, était du poids de $0^{gr.},013$.

J'ai fait la même opération sur les eaux provenant de la précipitation par le muriate de chaux; le poids du sous-carbonate était de $0^{gr.},055$.

J'ai pris $1^{gr.},898$ de sous-carbonate de chaux provenant de la précipitation par le nitrate; je l'ai mis dans un creuset de platine, et je l'ai chauffé au rouge blanc pendant trois quarts d'heure, après quoi il ne pesait plus que $1^{g.},067$; mais le total du poids du sous-carbonate de chaux obtenu dans les deux résultats était de $1^{g.},902$, auquel il faut ajouter ce qui s'est précipité par l'ébullition des eaux surnageantes, c'est-à-dire, $0^{g.},013$; nous trouvons donc que les $30^{g.},208$ de la dissolution de sous-carbonate de soude employée ont donné $1^{g.},915$ de sous-carbonate de chaux, que la calcination aurait réduits

à 1g.,0765 ; et par conséquent 100 parties de cette même dissolution auraient donné 6g.,3383 de sous-carbonate de chaux, qui, étant calcinés, n'auraient plus pesé que 3g.,5636.

J'ai pris 2g.,122 de sous-carbonate de chaux provenant de la précipitation par le muriate de chaux ; calcinés dans un creuset de platine, au même degré et pendant le même temps que ci-dessus, ils se sont réduits à 1g.,192. Le total du sous-carbonate de chaux obtenu dans les deux résultats est de 2g.,142, auxquels il faut ajouter 0g.,055 fourni par l'ébullition des eaux surnageantes. Après avoir fait les calculs nécessaires, on trouve que 100 parties de la dissolution de sous-carbonate de soude employée auraient donné, par le muriate de chaux, 6g.,2291 de sous-carbonate de chaux, qui se seraient réduits par la calcination à 3g.,4974.

Si l'on reporte son attention sur le tableau que j'ai donné plus haut, l'on voit les grands écarts qu'il y a entre les poids du sous-carbonate de chaux obtenu par le nitrate et le muriate calcaire de la décomposition du sous-carbonate de soude, puisque le premier a donné 6,30, et le second 6,07, c'est-à-dire, une différence de quatre pour cent environ. Mais, en faisant bouillir l'eau surnageante de la précipitation, et joignant le précipité qu'elle produit à celui qui s'est formé à froid, la différence est beaucoup moins considérable, puisque le nitrate de chaux a donné 6,34 de sous-carbonate, et le muriate 6,23 ; résultats qui ne diffèrent entr'eux que de moins de deux pour cent.

Les chimistes savaient bien que, pour déterminer la formation du sous-carbonate de chaux sous un petit vo-

lume, ils devaient soumettre le liquide à l'ébullition; mais ils ne savaient pas que, lorsque l'eau surnageante n'a point été soumise à la chaleur, elle retient, quoique parfaitement claire, une certaine portion de sous-carbonate en dissolution. Cette remarque est importante, et peut recevoir de nombreuses applications dans l'analyse chimique.

C'est un phénomène assez intéressant et qui n'a point encore reçu d'explication, que l'effet qu'exerce l'application de la chaleur sur certains précipités. Pourquoi, par exemple, lorsque l'on précipite à froid un sel terreux ou métallique quelconque par un sous-carbonate alcalin, le précipité occupe-t-il un grand volume qui se réduit considérablement lorsque le liquide est soumis à l'ébullition? Ainsi, lorsque l'on verse du sous-carbonate de soude dans une dissolution qui contient à peine un centième de son poids de muriate de chaux, le précipité est tellement volumineux que le liquide ressemble à ce que nous appelons *un lait-de-chaux;* et lorsqu'on le fait bouillir, le sel calcaire n'occupe plus que le volume que sa pesanteur lui assigne. Voici de quelle manière je considère cet effet:

Lorsque l'on décompose un sel terreux ou métallique par un sous-carbonate alcalin, le précipité qui se forme dans le moment n'est point un sous-carbonate, mais bien un mélange de carbonate et d'hydrate, et souvent même c'est un hydrate tout seul; car plusieurs carbonates terreux sont solubles. Ainsi, lorsque l'on verse du carbonate de soude saturé dans une dissolution de nitrate ou de muriate de baryte, il ne se forme pas de précipité. Mais, soit que le précipité soit un hydrate ou qu'il soit

un mélange de carbonate et d'hydrate, voyons s'il est possible d'expliquer l'effet que la chaleur lui fait éprouver. Je pense que cet effet est dû à l'action énergique que les molécules de l'eau exercent les unes sur les autres lorsque ce liquide a atteint le terme de l'ébullition; la partie qui n'est point encore réduite en vapeur exerce sur celle qui va entrer dans cet état une action qui s'oppose à la formation de la vapeur, et, pour cela, elle abandonne l'oxide avec lequel elle était combinée, et cet oxide, devenu libre, est alors repris par le carbonate, qui forme avec lui un sel insoluble. Si l'on n'applique point la chaleur et qu'on laisse le carbonate assez long-temps en contact avec l'hydrate, il réagit successivement sur lui et finit par former un sous-carbonate. C'est ainsi que le lait de chaux que forme le sous-carbonate de soude dans une dissolution de muriate calcaire se convertit, en douze ou vingt heures, en une poudre grenue et très-dense, et laisse le liquide parfaitement clair.

Je dois rapporter, à l'appui de mon opinion, un fait assez remarquable qui peut être intéressant pour l'analyse chimique.

Si l'on dissout du phosphate de fer dans l'acide sulfurique, et que l'on étende la dissolution de quelques centaines de fois son volume d'eau, il se précipite d'abord une portion du phosphate, mais il en reste en dissolution; et si l'on soumet le liquide à l'ébullition, il présente des flocons blancs de phosphate de fer. Si on laisse refroidir, le phosphate se redissout, et vous pouvez reproduire le retour de ces phénomènes autant de fois que vous soumettrez le liquide à l'ébullition et qu'ensuite vous le laisserez refroidir en contact avec le phos-

phate. Il me semble qu'on ne peut expliquer ce résultat qu'en admettant que l'acide sulfurique quitte le phosphate qu'il tenait en dissolution pour se porter sur l'eau et s'opposer à ce qu'elle puisse se résoudre en vapeur ; et, lorsque par l'abaissement de la température le calorique n'exerce plus sur l'eau son action de désagrégation moléculaire, l'acide se reporte sur le phosphate, qu'il avait abandonné, et le redissout de nouveau.

C'est encore par l'action que l'eau liquide exerce sur celle qui se vaporise, que l'on peut expliquer pourquoi la chaux et la magnésie sont plus solubles à froid qu'à chaud ; mais il est inutile de nous arrêter aux applications que tout le monde peut faire d'une théorie qui embrasse beaucoup de phénomènes de ce genre.

(*La suite au Cahier prochain*).

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 12 *mai* 1823.

LE Ministre de l'Intérieur adresse le Rapport du Préfet du Var, *sur les Effets du déboisement.*

L'Académie procède au scrutin pour la nomination d'un membre en remplacement de M. Charles. M. Fresnel réunit l'unanimité des suffrages.

La Commission chargée de décerner le prix sur la chaleur animale annonce qu'elle l'a accordé au Mémoire n° 2. L'auteur est M. Despretz, répétiteur de chimie à l'Ecole polytechnique.

La Commission du prix de physiologie fondé par M. de Montyon annonce qu'elle a cru devoir partager ce prix entre M. Foderà, auteur d'un Mémoire *sur l'Absorption*, et M. Flourens, auteur d'un Mémoire *sur les Fonctions du système nerveux*.

La Commission chargée de proposer un prix de physique pour 1825 fait son rapport. (*Voyez* le programme du prix dans le précédent Cahier.)

M. Edwards lit un Mémoire *sur la Production de l'acide carbonique dans la respiration.*

On lit la *Description d'un pont naturel de l'Ardèche*, par M. d'Hombres-Firmas.

L'Académie adopte, au scrutin, la proposition qui lui avait été présentée par la Section d'Astronomie, d'accorder cette année deux médailles de M. de Lalande : l'une à M. Rumker, et l'autre à M. Gambart fils.

Séance du lundi 19 *mai.*

Le Ministre de l'Intérieur transmet l'ordonnance du Roi qui confirme la nomination du D[r] William Hyde Wollaston à la place d'associé étranger de l'Académie.

M. Hill adresse un Mémoire *concernant de nouveaux moyens de produire le son;* et M. Marcel de Serres, un écrit intitulé : *Observations sur les ossemens humains découverts dans les crevasses des terrains secondaires, et en particulier sur ceux que l'on observe dans la caverne de Durfort, dans le département du Gard.*

MM. Prévost et Dumas informent l'Académie des premiers résultats qu'ils ont obtenus dans des expériences entreprises pour décomposer les calculs urinaires

dans la vessie des animaux vivans, par l'action de la pile. Ils liront un Mémoire à ce sujet dans la prochaine séance.

M. Dupetit-Thouars lit la seconde partie de son Mémoire *sur les Différences de structure intérieure qui existent entre les plantes dicotylédones et les monocotylédones.*

M. Poinsot lit un Mémoire *sur l'Analyse des sections angulaires.*

M. Gay-Lussac lit un Mémoire intitulé : *Réflexions sur les volcans.* (*Voyez* le tome XXII, page 415.)

A cette occasion, M. Vauquelin annonce qu'il a trouvé du charbon dans les cendres rejetées lors de la dernière éruption du Vésuve.

Séance du lundi 26 mai.

M. Benoiston de Châteauneuf adresse un Mémoire intitulé : *De l'Etat des enfans trouvés dans les principales villes de l'Europe.*

M. Cauchy lit un Mémoire *sur la Détermination des intégrales définies.*

MM. Prévost et Dumas lisent leur Mémoire *sur le Traitement des calculs urinaires.* (Voyez plus bas, page 202.)

M. Prony, au nom d'une Commission, fait un rapport très-détaillé sur le travail de MM. Clapeyron et Lamé, relatif à la stabilité des voûtes.

Il résulte, de ce rapport, que les deux jeunes ingénieurs, auteurs du Mémoire, ont été devancés par M. Audoy, chef de bataillon du génie, dans la découverte des bases fondamentales de la théorie. Leur travail n'en est

pas moins digne d'éloges : la construction géométrique qu'ils donnent du point de rupture est curieuse ; l'analyse est conduite avec adresse et élégance ; enfin l'exposition a de la netteté et de l'originalité.

La Section de Physique présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place de correspondant vacante dans son sein : MM. OErsted, à Copenhague ; Chladni, à Wittemberg ; Seebeck, à Berlin ; Brewster, à Edimbourg ; Amici, à Modène ; Gilbert, à Leipzig.

Séance publique du lundi 2 juin.

On a entendu, dans cette séance, l'*Eloge* de M. Delambre, par M. Fourier ; un Mémoire *sur quelques Découvertes récentes relatives aux fontions du système nerveux*, par M. Magendie ; l'*Eloge* de M. Haüy, par M. Cuvier ; et des *Considérations sur la force commerciale et sur les travaux publics de la France et de l'Angleterre*, par M. Dupin.

Séance du lundi 9 juin.

Le Ministre de l'Intérieur demande qu'on lui transmette le plus tôt possible l'instruction que l'Académie doit rédiger sur l'établissement des paratonnerres.

M. John Walsh adresse de nouvelles réflexions sur l'analyse mathématique.

M. Dulong annonce qu'il ne pourra point faire de rapport sur la Lettre que M. Hill a écrite, tant que cet auteur n'aura pas transmis à l'Académie l'instrument qu'il a le dessin de construire.

M. Cuvier lit un Mémoire *sur une Phalange onguéale fossile*, qui annonce, à elle seule, un édenté inconnu, probablement du genre des pangolins et de taille gigantesque.

L'Académie procède au scrutin pour la nomination d'un correspondant dans la Section de Physique. Il y avait 52 votans : M. OErsted réunit 51 suffrages; le 52e bulletin portait le nom de M. Plana.

M. Auguste Saint-Hilaire lit un premier Mémoire *sur le Ginobase*.

L'Académie reçoit la liste de candidats que M. Feuillet, nommé récemment bibliothécaire, présente pour la place vacante de sous-bibliothécaire : cette liste se compose de MM. Audouin, Landresse et Farcy.

RECHERCHES *expérimentales sur la formation des brouillards.*

PAR M. GEORGE HARVEY,

Membre de la Société astronomique de Londres.

(Extrait.)

SIR HUMPHRY DAVY a annoncé, dans un Mémoire dont nous avons publié la traduction (tome XII, pages 195 et suivantes), qu'il ne se forme des brouillards sur les étangs et sur les rivières que dans le cas où la température de la terre est inférieure à celle de l'eau : l'air en contact avec le sol étant alors nécessairement plus froid que l'air correspondant à la masse liquide, si

les localités leur permettent de se mêler, il en résultera une précipitation de vapeur d'autant plus abondante, que la différence de température de ces deux airs sera plus grande, et qu'ils se trouveront l'un et l'autre plus près du terme de l'humidité extrême. M. Davy appuyait cette théorie de quelques expériences faites sur le *Danube*, l'*Inn*, le *Raab*, etc. Dans le Mémoire dont nous donnons ici l'extrait, M. Harvey publie des observations analogues faites près de Plymouth, soit en mer, soit sur la rivière *Tamer*.

Le 27 août 1822, M. Harvey aperçut, entre huit heures et neuf heures du soir, une couche de brouillard sur le ruisseau qui conduit l'eau à Plymouth. Cette masse se mouvait dans le sens même du courant, mais avec une visesse beaucoup plus grande, et se modelait exactement, dans sa course, sur toutes les inflexions du rivage; la largeur du brouillard était presque exactement égale à celle du ruisseau; sa hauteur ne surpassait pas cinq pieds.

La température de l'eau du ruisseau était.	+ 13°,3 centig.
Celle de l'air sur le ruisseau..........	+ 8°,6
La température du sol, sur le rivage, près du brouillard........................	+ 7°,2
La température de l'air, sur le sol......	+ 9°,4

Le 13 juin 1822, vers six heures du soir, un brouillard se forma sur la mer, près de Plymouth, et bientôt après couvrit la contrée environnante; les observations de température donnèrent :

6h. $\frac{1}{4}$, en mer, température de l'eau.....	+ 18°,9 cent.
Température de l'air, à 5 pieds de hauteur.	+ 17°,2

6 h. $\frac{1}{4}$, à terre, températ. du sol.......... + 21°,1 cent.
Température de l'air, à 5 pieds de hauteur. + 17°,2

Dans les premiers jours de septembre 1822, vers 2 heures après midi, une immense masse de brouillard se forma sur la mer, s'étendit en peu d'instans dans tout le port de Plymouth, et même sur une partie des côtes voisines. A trois heures, ce brouillard s'était presque totalement dissipé; il n'en restait qu'une colonne parfaitement immobile dans le *creek* voisin du village de Saint-John. M. Harvey s'y rendit aussitôt et trouva :

Température de l'air, près du rivage....... + 20°,0 cent.
Température de l'eau.................... + 17°,2

Température de l'air, au milieu du brouil.. + 16°,7
Température de l'eau.................... + 17°,5

En s'approchant graduellement de la place que le brouillard occupait, la température de l'air qui, au rivage même, était + 20°,0, devint successivement + 18°,3; + 17°,8; + 17°,2, et enfin, comme nous venons de le dire, + 16°,7 dans le brouillard même; on observa le phénomène contraire quand on retourna à terre (1).

Le 13 novembre, à six heures du matin, un épais

(1) Cette observation et la précédente, du 15 juin, montrent uniquement, ce me semble, qu'alors qu'un brouillard est formé sur une nappe d'eau, la température de l'air y est inférieure à celle du liquide; mais elles ne prouvent rien en faveur de la théorie de Sir Humphry Davy, puisque l'air, à terre, était à une température plus élevée que l'eau de la mer. (R.)

brouillard couvrait la mer et même les montagnes les plus élevées de la côte. Deux heures plus tard, quand M. Harvey traversa la rivière *Tamer*, dans un point où elle a un mille d'étendue, le brouillard n'avait pas encore diminué d'opacité :

L'eau était à la température de....... + 11°,7 centig.
L'air, sur le bord oriental de la rivière, à + 5°,6
L'air, au milieu de la rivière, à....... + 5°,0
L'air, sur le bord occidental, à....... + 6°,1
L'air, sur les champs voisins, à....... + 5°,6

A midi, le brouillard s'était totalement dissipé; la rivière avait conservé sa température de..... + 11°,7; mais l'air, *sur la terre et sur l'eau*, était alors à + 12°,8.

Sir H. Davy conçoit qu'après qu'un brouillard s'est formé, la couche d'air qui repose sur sa surface supérieure éclairée du soleil forme un courant ascendant, immédiatement remplacé par un courant froid, se mouvant au contraire de haut en bas, qui pénètre la masse même du brouillard et contribue à son augmentation. M. Harvey présente l'observation précédente, dans laquelle l'air au centre du brouillard était plus froid que partout ailleurs, comme une preuve à l'appui de la théorie.

Le tableau suivant a été communiqué à M. Harvey, par son ami, M. George Pridham. Toutes les observations sont de sept heures du matin.

	Température de l'air.	Température de l'eau.	État du brouillard.
11 juin.....	+ 15°,0	+ 17°,2	Epais.
4 août.....	+ 11,1	+ 15,0	*Id.*
6..........	+ 12,2	+ 15,0	Médiocre.
7..........	+ 13,3	+ 15,0	Léger.
8..........	+ 12,2	+ 15,5	brouill. et pluie.
28..........	+ 14,4	+ 16,7	*Id.* *id.*
31..........	+ 9,9	+ 16,3	Très-épais.
4 septembre.	+ 13,3	+ 16,1	Léger.
10..........	+ 11,7	+ 15,4	Epais.
12..........	+ 12,2	+ 15,6	Epais.
24..........	+ 14,4	+ 15,0	Très-épais.
4 octobre...	+ 11,7	+ 15,4	Très-épais.
15..........	+ 8,1	+ 13,9	Très-épais.

On voit, dans cette table, qu'un brouillard très-épais a été observé le 24 septembre, pendant qu'il n'existait qu'une légère différence de température entre l'eau et l'air; mais il faut remarquer que s'il est nécessaire, pour qu'un brouillard se développe, que l'air ait, originairement, une température inférieure à celle de l'eau, de 2° à 3° centigrades, cependant, quand ce brouillard est une fois formé, il peut se conserver encore, après que l'atmosphère, en se réchauffant, a presque atteint la température de l'eau sur laquelle elle repose.

Sir Humphry avait remarqué qu'un courant d'*air sec* pouvait, même dans des circonstances de température très-favorables, empêcher la formation du brouillard. Voici des observations analogues faites à Plymouth, à sept heures du matin :

	Température de l'air.	Température de l'eau.	État de l'atmosphère.
13 juillet.	+ 14°,4	+ 16°,1	Temps clair. V^t fort du N.-E.
30.....	+ 14,4	+ 17,2	clair. V^t fort de l'E.
14 sept.	+ 13,3	+ 15,0	*id.* *id.*
21.....	+ 12,2	+ 15,0	*id.* V^t violent de l'E.

Pendant la pluie, il arrive aussi quelquefois que l'eau et l'air sont à des températures différentes sans qu'il se forme de brouillard. En voici des exemples :

	Température de l'air.	Température de l'eau.	Remarques.
26 juillet	+ 16°,0	+ 16°,8	Nuageux ; averses.
31.....	+ 11,3	+ 16,7	Averses fréquentes.
2 août.	+ 12,2	+ 15,0	Nuageux ; averses.

(*Quarterly journal.*)

NOTE *sur l'Emploi de la pile dans le traitement des calculs de la vessie.*

Par MM. PRÉVOST et J. DUMAS.

DEPUIS que les chimistes se sont occupés de quelques recherches suivies sur la nature des calculs, et en particulier depuis le brillant Traité que MM. Fourcroy et Vauquelin ont publié dans le cours de leurs recherches sur la chimie animale, il y a peu de physiologistes qui n'aient réfléchi aux moyens les plus efficaces pour pré-

venir leur formation, ou pour les expulser de la vessie urinaire lorsqu'ils ont déjà acquis un volume qui ne permet plus d'en tolérer la présence. On éprouve quelque satisfaction en songeant que l'analyse chimique des calculs a déjà fourni des points de vue précieux relativement au premier objet, et nous en trouvons particulièrement un exemple bien remarquable dans le *Traité sur la Gravelle*, que M. Magendie a publié dernièrement. Cet ouvrage, qui renferme sans doute les déductions les plus neuves et les plus piquantes que l'art de guérir ait encore empruntées à la physiologie expérimentale, semble laisser bien peu de chose à desirer sous ce rapport. Il n'en est malheureusement pas de même des tentatives faites jusqu'à ce jour dans le but de dissoudre les calculs, ou de les briser de manière à procurer leur expulsion par les voies urinaires sans avoir besoin de recourir à des opérations chirurgicales. En réfléchissant à cette question, nous avons espéré que les propriétés bien connues de la pile galvanique nous permettraient d'en tirer parti pour cet objet.

Nous pouvions envisager sous deux chefs la manière de diriger son application. Il était possible en effet d'*extraire* le calcul au moyen d'une double sonde communiquant d'une part avec la vessie, et de l'autre avec deux vases remplis d'eau dans lesquels seraient plongés les poles d'une pile. Cette méthode, si elle eût été praticable, aurait amené dans ces vases les acides et les bases qui entrent dans la composition du calcul; mais elle ne peut malheureusement se mettre en pratique qu'avec des batteries d'une intensité très-grande, et permet une dispersion du fluide galvanique inquiétante pour la vessie,

Après nous être assurés des difficultés qui accompagnent ce procédé, nous avons pensé qu'elles seraient entièrement éludées, et que le but n'en serait pas moins atteint si, au lieu d'*extraire* le calcul, on se bornait à détruire l'état d'agrégation qui lie ses molécules entre elles, et nous avons dirigé nos essais vers ce résultat.

Un calcul fusible humain a été soumis à l'action d'une pile de cent vingt couples pendant douze heures consécutives. On chargeait celle-ci d'heure en heure. Les fils de platine qui servaient de poles touchaient le calcul, étaient distans de six à huit lignes, et plongeaient, ainsi que lui, dans un vase rempli d'eau pure. Pendant l'action galvanique, les bases et l'acide phosphorique arrivaient d'abord à leurs poles respectifs, puis se combinaient de nouveau, et le sel reformé se précipitait au fond du vase sous forme d'une poussière ténue, comme celle qui se manifeste toutes les fois qu'on produit un sel insoluble. Le calcul pesait 92 grains avant l'expérience; il était réduit à 80 lorsqu'on l'eut terminée. Essayé de la même manière, il a continué à se décomposer, et n'a présenté, au bout de seize nouvelles heures, qu'une masse tellement friable, qu'elle s'est réduite en petits grains cristallins par l'effet de la plus légère pression. Les fragmens les plus volumineux n'étaient pas de la grosseur d'une lentille, et pouvaient par conséquent passer sans peine au travers du canal de l'urètre.

Toutes les personnes qui ne sont point étrangères aux expériences de physiologie comprendront aisément que les conditions dont nous venons de faire l'énumération sont de nature à pouvoir se réaliser dans l'application médicale. En effet, il est presque toujours possible de

faire arriver dans la vessie deux conducteurs qui seront écartés, au moyen d'un léger ressort, à leur extrémité, de manière à toucher le calcul par leur surface interne, qu'on a eu soin de dépouiller dans cette partie de son enveloppe isolante. En faisant passer le courant dans des fils disposés de la sorte, le calcul devait être décomposé comme à l'ordinaire, sans que la vessie en fût trop affectée, puisque le trajet du fluide s'opère surtout dans la direction de la ligne qui mesure la plus courte distance des poles. L'expérience a pleinement vérifié nos conjectures.

Nous avons introduit dans la vessie d'un chien un pareil système de conducteurs en ouvrant l'urètre à son passage sous l'arcade pubienne, et nous les avons mis en rapport avec les poles d'une pile de cent trente-cinq paires, montée avec l'acide nitro-sulfurique. Nous avons pu nous assurer avec une grande satisfaction que l'animal n'en était pas notablement inquiété, lorsqu'on avait eu soin de distendre la vessie par des injections d'eau tiède. Cependant les mêmes conducteurs décomposaient l'eau avec une grande énergie, et fournissaient des torrens de gaz. D'après cela, nous ne pouvions douter de la possibilité de produire sur le calcul, dans la vessie, un effet semblable à celui que nous lui avions fait éprouver dans des vases de verre.

Comme il n'était pas trop difficile de s'en assurer directement, nous avons fait l'expérience suivante : un calcul fusible a été fixé sur la sonde entre les deux conducteurs de platine. Après avoir introduit cet appareil dans la vessie d'une chienne d'assez grande taille, on a distendu cet organe avec quelques injections d'eau tiède

dont on a empêché la sortie en fermant l'ouverture de la sonde, et l'on a mis les conducteurs en rapport avec toutes les auges qui composent notre batterie. Après quelques légers mouvemens, l'animal s'est calmé, et a supporté pendant une heure l'action galvanique. On a retiré la sonde avec précaution, et le calcul a montré des traces de décomposition non équivoques. On a répété le même essai pendant six jours, une heure le matin et une heure le soir; mais l'état du calcul, qui était devenu trop friable, a forcé de mettre fin à l'expérience. Il avait perdu de son poids dans le même rapport que celui dont nous avons parlé plus haut. Après avoir laissé reposer l'animal pendant quelques jours, nous l'avons tué pour examiner la vessie. Son tissu n'avait rien perdu de sa mollesse, ne présentait rien de particulier, et ses fibres se sont contractées comme à l'ordinaire lorsqu'on l'a ouverte pour évacuer l'urine qu'elle renfermait.

Il est d'ailleurs une méthode moins cruelle et peut-être aussi sûre de se convaincre de l'innocuité d'un tel courant sur un organe situé à une certaine distance de lui. Elle consiste à placer, dans un vase rempli d'eau pure, les conducteurs et le calcul disposés comme dans notre première expérience, et à plonger la langue dans le liquide au moment où la pile agit avec le plus de vigueur. On verra de cette manière qu'elle s'aperçoit à peine de l'action galvanique, quoique le calcul soit vivement décomposé et qu'elle n'en soit pas éloignée de plus de 15 à 18 lignes. Cependant la langue est un organe plus sensible que la vessie elle-même.

En réfléchissant sur ces faits, il est peut-être permis d'espérer qu'avec des modifications convenables et des

appareils appropriés, ce principe pourra s'appliquer à l'extraction des calculs nombreux qui sont formés par des combinaisons salines. Mais il est de toute évidence qu'elle ne peut offrir aucun avantage pour l'extraction de ceux qui ne renferment que de l'acide urique, ou qui en renferment beaucoup relativement aux autres principes.

Mais avant de songer même à cette application, nous desirons pouvoir nous livrer à un examen plus approfondi, que nous ferons porter principalement sur les points suivans : 1°. Nous avons introduit des calculs dans les vessies de quelques chiens, par des ouvertures pratiquées à ces organes dans leur partie postérieure, et nous nous proposons d'opérer sur ces animaux, après leur guérison, de diverses manières, afin de statuer positivement quelle est celle qui doit être employée pour l'homme. 2°. Il est convenable d'établir, par une série d'expériences, quels sont les liquides qui doivent être employés pour les injections dans la vessie. On conçoit, en effet, que l'eau pure dont nous avons fait usage n'est probablement pas le plus avantageux. 3°. Enfin il est indispensable de trouver des moyens propres à faire reconnaître quelle est la nature du calcul renfermé dans la vessie, afin de ne pas exposer des malades, déjà si cruellement atteints, à des essais qui pourraient être sans résultat.

Toutes ces questions sont minutieuses et pénibles à résoudre, et nous sommes loin de nous dissimuler les difficultés qu'elles nous présenteront sans doute; mais d'un côté nous sommes soutenus par l'espoir de contribuer au soulagement des personnes que cette maladie frappe, et de l'autre nous éprouvons le desir le plus vif

de réussir dans une entreprise que l'Académie a bien voulu, dès son origine, accueillir avec une bienveillance que nous ne pourrons jamais oublier.

Nous n'avons rien voulu changer à la rédaction de cette Note; mais il est nécessaire d'ajouter quelques mots pour donner une juste idée de l'état de la question. La sensibilité de la vessie est la partie qui nous a le plus occupé depuis la lecture à l'Académie; et grâces à l'intérêt obligeant de M. Geoffroy de Saint-Hilaire, nous avons trouvé, dans le bel établissement du Jardin des Plantes, des ressources pour les expériences que ne comporterait pas une situation privée. Nous avons pu nous convaincre que l'action de la pile dans les conditions énoncées, ne présentait aucun effet fâcheux. Nous avons trouvé encore que l'addition d'une certaine quantité de nitrate de potasse dans l'injection rendait la décomposition plus rapide et plus sûre; en sorte que les phosphates durs et compactes éprouvent un effet analogue à celui que nous avions observé dans les phosphates poreux. Enfin nous avons examiné par nous-mêmes plusieurs appareils inventés à d'autres fins, et qu'il est très-facile d'appliquer à reconnaître la nature du calcul sur lequel on se propose d'opérer.

Expériences *relatives au froid produit par l'expansion des gaz.*

(Tirées d'un Mémoire que MM. Auguste de La Rive et J. Marcet ont lu, à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 17 avril 1823.)

Il est reconnu depuis long-temps qu'un thermomètre placé sous un récipient descend d'une quantité assez considérable lorsqu'on y fait le vide. Cet effet, que l'on a jusqu'à présent attribué à un abaissement de température, peut provenir aussi, en partie, de l'augmentation de volume qu'éprouve la boule quand sa surface est soustraite extérieurement à la pression atmosphérique; pour avoir la portion de l'effet due uniquement à la diminution de chaleur, il faut placer sous le récipient un thermomètre ouvert à son extrémité supérieure, dont l'abaissement ne pourra provenir que d'un changement de température. Un pareil thermomètre baisse en effet beaucoup moins que celui qui est fermé et privé d'air. Le thermomètre à boule mince dont nous nous sommes servis dans nos expériences baissait ordinairement de 2° en faisant le vide; mais 1° seulement provenait du froid produit, ainsi que nous nous en sommes assurés en mettant dans le vide le thermomètre ouvert, et, ainsi que nous devions le conclure, en déduisant de l'effet total ce que nous savions déjà être dû à la soustraction de la pression atmosphérique (1).

(1) En faisant rapidement le vide dans un récipient, MM. Bréguet ont observé, à l'aide de l'ingénieux thermomètre

Il y a donc, quoiqu'en moindre quantité qu'on ne l'avait cru, du froid produit en faisant le vide ; phénomène qu'on explique en attribuant cet abaissement de température à ce que l'air intérieur du récipient, en se dilatant, prend, à cet effet, de la chaleur aux corps environnans, et entr'autres au thermomètre.

Un autre phénomène du même genre, mais beaucoup plus difficile à expliquer, consiste dans l'ascension subite et très-considérable d'un thermomètre placé dans un récipient vide lorsqu'on y fait entrer subitement l'air. Ce fait semble difficile à concilier avec l'expérience connue, par laquelle on parvient à produire de la glace en laissant subitement sortir dans l'air ordinaire un jet d'air condensé qu'on dirige sur le corps qu'on veut refroidir. En effet, en faisant entrer de l'air ordinaire dans le vide, toujours plus ou moins imparfait, d'une pompe pneumatique, il semble que l'on doit produire des résultats analogues à ceux qui proviennent de l'entrée de l'air condensé dans l'air ordinaire.

Parmi les physiciens qui se sont occupés de ce sujet, MM. Clément et Desormes ont cherché la cause du fait que nous venons de décrire, dans l'expression du calorique qu'ils supposent exister dans le vide, expression opérée par l'entrée de l'air extérieur. Mais on ne peut plus admettre cette explication, après l'expérience par laquelle M. Gay-Lussac a montré qu'en réduisant subitement d'une certaine quantité, par un moyen mécanique, l'étendue d'un espace vide, il n'y avait point de

---

métallique de leur invention, un abaissement de température de 23° centig. (Voyez *Ann.*, tome v, page 315.) (R.)

chaleur dégagée. Le savant que nous venons de nommer avait imaginé un appareil qui, au moyen d'une colonne de mercure à laquelle on pouvait faire occuper un volume plus ou moins grand dans un tube privé d'air, permettait ainsi de diminuer ou d'augmenter l'espace occupé par le vide barométrique (1). Si donc, suivant MM. Clément et Desormes, l'air, en entrant dans un récipient privé d'air, y produit de la chaleur parce qu'il exprime une partie du calorique du vide, le mercure, dans l'expérience de M. Gay-Lussac, en diminuant subitement par son ascension le volume du vide barométrique, devrait aussi occasioner une élévation de température, ce qui n'a pas lieu.

Les résultats que nous avons décrits dans la première partie de ce Mémoire nous ont fait présumer que le phénomène paradoxal dont nous venons de parler pourrait être attribué, en partie, à la compression que fait éprouver à la boule du thermomètre employé l'entrée subite de l'air extérieur. L'expérience nous a prouvé en effet qu'un thermomètre dont on avait cassé l'extrémité supérieure, mis dans le vide, montait beaucoup moins quand on rendait l'air, qu'il n'avait monté dans le cas où le tube était fermé. Dans le premier cas, l'air entrant à la fois dans l'intérieur du tube et se portant aussi autour de la boule, il n'y a nulle compression exercée sur celle-ci, et l'effet d'ascension du thermomètre est dû uniquement à la chaleur (2).

---

(1) *Voyez* vol. XIII des *Ann. de Chim. et de Phys.*, p. 304.

(2) Dans les expériences de MM. Bréguet que nous avons déjà citées, le développement de chaleur que produisait l'entrée de l'air s'élevait à une trentaine de degrés centigrades. (R.)

Les réflexions que nous avons présentées sur le fait dont il s'agit nous ont engagés à examiner avec précision les détails de cette curieuse expérience, et à rechercher quelle pouvait être la cause de la chaleur qui paraît être produite par la rentrée de l'air dans le vide.

Nous avons suspendu un thermomètre très-sensible, ayant une boule très-petite, au milieu d'une cloche d'un volume considérable (540 pouces cubes). Un tuyau de métal, dont le canal avait un diamètre assez petit ($\frac{1}{3}$ de ligne), était disposé de manière que l'une de ses extrémités pouvait communiquer hors de la cloche, soit avec l'atmosphère, soit avec un vase quelconque, et que l'autre aboutissait dans le récipient, de manière à se trouver vis-à-vis de la boule du thermomètre, à une distance peu considérable, qui a varié de deux à quatre lignes. Un robinet situé dans la partie du tuyau qui se trouvait hors du récipient permettait, en l'ouvrant, de faire entrer dans la cloche, soit l'air de la chambre, soit le gaz contenu dans un vase, avec lequel le tuyau pouvait être mis en communication.

Nous avons fait le vide dans la cloche; ce qui a fait descendre le thermomètre de 10° à 8°. On a ouvert le robinet pour laisser entrer l'air de la chambre, qui s'est précipité par le tuyau contre la boule du thermomètre : cette introduction de l'air, à notre grand étonnement, a produit un froid qui a fait descendre le thermomètre à 5°,6, c'est-à-dire, de 2°,4. Cet abaissement, qui avait lieu à mesure que l'air entrait, s'est arrêté au bout de sept secondes, au moment où l'éprouvette de la pompe a indiqué que la portion d'air contenue déjà dans la cloche était capable de soutenir quatre

pouces de mercure. Le thermomètre est resté stationnaire jusqu'à ce que l'air introduit ait pu soutenir six pouces de mercure, et, à partir de ce moment, il est remonté rapidement jusqu'à ce que l'air étant entièrement rentré, il s'est arrêté un peu au-dessous de 15°; ce qui a eu lieu après quarante-cinq secondes, à dater de l'instant où l'on avait commencé à laisser entrer l'air.

Cette expérience, plusieurs fois répétée, nous a donné toujours le même résultat. Quelle que fût la hauteur du thermomètre (1) au moment où nous laissions rentrer l'air dans la cloche, il a toujours baissé, d'abord de 2° à 2°,6; puis est remonté ensuite de 7° à 9° au-dessus du point où il avait été le plus bas.

Il paraît donc, d'après ces expériences, que, quoiqu'on ait cru jusqu'ici le contraire, il y a toujours un froid assez considérable produit au moment où l'air entre dans le vide.

Peut-être ne s'en est-on pas aperçu plus tôt, soit parce qu'on introduisait l'air dans le récipient par une ouverture trop grande, soit parce qu'on se servait de cloches d'un volume trop peu considérable, soit parce que la boule du thermomètre n'était pas placée assez près de l'extrémité du canal que traverse l'air en entrant. En effet, dans les deux premiers cas, la durée de la dilatation de l'air était trop courte pour qu'on pût s'apercevoir du froid produit, et dans le dernier, le thermomètre était trop éloigné du point principal où cette dilatation s'opère pour pouvoir être affecté sensiblement par le froid qu'elle produit.

---

(1) Cette hauteur a varié, dans nos expériences, de 6° à 12°.

Le phénomène du froid produit s'explique facilement en remarquant que l'air, en entrant dans le vide, se dilate, et que, par un effet de cette dilatation, il prend de la chaleur aux corps environnans, et au thermomètre en particulier, qui se trouve le premier sur son passage. Mais quand la cloche contient déjà un assez grand volume d'air, le nouvel air qui arrive tend encore à se dilater, et par conséquent à produire du froid; en même temps, cependant, il condense celui qui y est déjà contenu, et tend conséquemment à produire de la chaleur, en exprimant de cet air déjà entré une certaine quantité de calorique (1).

La différence entre la chaleur et le froid que produit, par un double effet, l'air entrant, commence par être de deux degrés et demi en faveur du froid; elle devient nulle au moment où l'air intérieur est capable de soutenir quatre pouces de mercure, et paraît continuer à être nulle jusqu'au moment où il est entré assez d'air pour soutenir six pouces de mercure. A partir de cette époque, jusqu'à ce que l'air soit totalement rentré, la différence est en faveur de la chaleur, parce que l'effet de condensation de l'air entrant, sur l'air déjà entré, produit plus de chaleur que la dilatation de ce même air entrant ne produit de froid.

Il est à remarquer que la chaleur totale produite a toujours été plus considérable que le froid ne l'était; cet effet peut dépendre, en partie, de ce que l'ascension du

---

(1) Le savant rédacteur de la *Bibliothèque universelle* donne une autre explication du phénomène; le défaut d'espace nous force de la supprimer aujourd'hui; mais nous espérons trouver l'occasion d'y revenir. (R.)

thermomètre étant occasionée par la rentrée de l'air, la pression atmosphérique sur la boule a une influence que nous n'vons pu éviter, à cause de la difficulté de mettre tout entier dans le vide un thermomètre ouvert à son extrémité, en conservant la condition nécessaire que sa boule fût en même temps isolée au milieu du récipient.

Nous avons été curieux d'examiner ce qui aurait lieu en faisant entrer dans le vide différens gaz au lieu d'air ordinaire. Une vessie pleine d'hydrogène a été mise en communication avec le tuyau qui entre dans le récipient; en ouvrant le robinet, l'hydrogène a produit, par son entrée dans la cloche, un abaissement du thermomètre un peu moindre que celui qui était provenu de l'entrée de l'air ordinaire. Cet abaissement s'est arrêté à-peu-près au moment où le gaz intérieur a pu soutenir quatre pouces de mercure; et comme dans le cas de l'air ordinaire, le thermomètre s'est mis à remonter, à partir du moment où l'hydrogène entré a pu soutenir six pouces de mercure.

Cette expérience nous a fourni une remarque curieuse. Si, après avoir introduit dans la cloche une quantité d'hydrogène capable de soutenir plus de six pouces de mercure, on fait entrer l'air ordinaire au lieu d'hydrogène, le thermomètre, qui avait déjà remonté d'une certaine quantité (2° environ), s'arrête tout d'un coup et redescend à-peu-près de la même quantité; puis, l'air continuant d'entrer, il se met à remonter. Ce phénomène nous paraît pouvoir s'expliquer par la considération que l'hydrogène ayant une moins grande capacité pour le calorique que l'air ordinaire, en prend moins en se dilatant; que, par conséquent, lorsque de

l'air ordinaire entre dans une atmosphère d'hydrogène dilaté, il ne trouve pas tout le calorique qu'exige sa dilatation dans celui qu'il exprime en comprimant ce gaz ; il prend donc de la chaleur aux corps ambians, et entr'autres au thermomètre (1).

Remarquons en outre que c'est probablement à cette moindre capacité de l'hydrogène pour le calorique qu'est dû le moindre abaissement du thermomètre, dans le cas où l'on introduit ce gaz dans le vide, que dans celui où l'on y fait entrer de l'air ordinaire.

De l'acide carbonique, au contraire, dont la chaleur spécifique est plus considérable que celle de l'air, a produit, par son entrée dans le vide, un abaissement du thermomètre un peu plus considérable (2).

L'appréciation juste et précise de toutes les circonstances que nous venons d'indiquer, comme ayant lieu quand on introduit différens gaz dans le vide, pourrait peut-être servir à jeter encore plus de jour sur le sujet difficile et délicat de la détermination de la chaleur spécifique des gaz. Nous comptons, à cet effet, répéter les expériences ci-dessus avec la plupart des divers gaz connus, en tâchant de porter dans le détail de ces observations toute l'exactitude dont elles sont susceptibles (3).

(*Bibl. univ.*)

---

(1) A égal volume, la capacité de l'hydrogène pour le calorique est 0,9033, celle de l'air étant 1,000.

(2) A égal volume, la capacité du gaz acide carbonique pour la chaleur est 1,2583, celle de l'air étant 1,000.

(3) Nous prendrons la liberté d'engager les jeunes auteurs de ce Mémoire à essayer si les thermomètres métalliques de MM. Bréguet ne leur fourniraient pas les moyens d'atteindre à la précision qu'ils désirent. (R.)

Inflammation *de la poudre déterminée par la chaleur qui se dégage pendant l'extinction de la chaux.*

(Extrait des archives du Comité consultatif de la Direction des Poudres et Salpêtres.)

La propriété bien connue qu'a la chaux vive d'absorber l'eau avec beaucoup d'énergie et de la fixer au point de lui ôter complètement la propriété de se réduire en vapeur à la température ordinaire de l'atmosphère, et même à celle de cent degrés, la font employer pour dessécher les substances humides, et l'on a proposé de s'en servir pour maintenir les magasins à poudre dans un état convenable de sécheresse, et rétablir les poudres avariées par l'absorption d'une trop grande quantité d'humidité. Mais la chaleur qui se dégage pendant son extinction étant considérable, puisqu'il est certain qu'elle a déterminé des incendies, le Comité consultatif de la Direction des Poudres et Salpêtres a pensé qu'il était important de faire des essais pour constater si, au moment où on éteint la chaux, la chaleur qui se produit était suffisante pour déterminer l'inflammation de la poudre.

On a pris environ trois kilogrammes de chaux vive; on l'a immergée dans l'eau jusqu'au moment où on a senti à la main qu'elle commençait à s'échauffer, et ensuite on l'a placée dans une bassine. Peu de temps après, des vapeurs d'eau s'en exhalaient en abondance; mais au bout d'environ deux minutes, elles avaient cessé entièrement. On a alors jeté sur la chaux quelques pincées de poudre de chasse et de pulvérin, et presqu'à chaque fois il y a eu inflammation.

Cet effet pouvait être déterminé par la réunion de deux causes : par la chaleur dégagée pendant l'extinction de la chaux, et par celle due à sa combinaison avec une portion du soufre de la poudre. Dans cette supposition, en jetant du pulvérin sur la chaux, de manière qu'il n'y formât qu'une couche extrêmement mince, l'inflammation ne devait plus être aussi fréquente. C'est en effet ce que l'expérience a confirmé : la poudre en grains s'est constamment mieux enflammée que du pulvérin qu'on faisait tomber d'un tamis très-fin; mais néanmoins l'inflammation a eu lieu quelquefois.

Pour vérifier si la chaleur dégagée pendant l'extinction de la chaux pouvait seule déterminer l'inflammation, on a mis un peu de poudre dans un tube de verre fermé par un bout; le tube a été plongé dans la chaux, et on l'a changé de place de temps en temps, afin que sa température parvînt exactement à celle de la chaux. Il s'est écoulé quelques minutes sans qu'on ait remarqué autre chose que la volatilisation d'une portion du soufre de la poudre; et l'on commençait à croire qu'il n'y aurait point d'inflammation, lorsqu'on a entendu une très-vive détonation, qui cependant n'a pas brisé le tube. Il est donc certain que la chaleur dégagée par la combinaison de la chaux avec l'eau est seule suffisante pour déterminer l'inflammation de la poudre, et qu'elle doit le faire à plus forte raison lorsqu'elle est réunie à celle qui se dégage par la combinaison du soufre avec la chaux.

On sentira, d'après ces observations, combien l'emploi de la chaux pour dessécher les magasins à poudre exige de précautions. A la vérité, la chaux, exposée seulement à un air humide, ne serait point dans les mêmes

circonstances que si on l'éteignait rapidement, et la chaleur dégagée ne serait sûrement pas aussi grande; mais il faut remarquer que, dans un magasin humide, il pourrait tomber par accident de l'eau sur la chaux; et de plus que, lorsque la chaux a commencé à s'échauffer, il s'établit un courant d'air rapide qui pourrait amener assez d'humidité pour produire une température suffisante à l'inflammation de la poudre. Ainsi, la prudence commande de ne point introduire de chaux vive dans les magasins à poudre, ou, si on y était forcé, de prendre les précautions convenables pour qu'elle ne puisse s'éteindre trop rapidement.

MÉMOIRE *sur le Lait de l'arbre de la vache* (Palo de Vaca.)

Par J.-B. BOUSSINGAULT et MARIANO DE RIVERO.

PARMI les étonnantes productions végétales qu'on rencontre à chaque pas dans la région équinoxiale se trouve un arbre qui donne avec abondance un suc laiteux comparable par ses propriétés au lait des animaux, et employé aux mêmes usages, comme M. de Humboldt en a été témoin à la ferme de Barbula (Cordillere littorale de Venezuela), où il a bu lui-même de ce suc laiteux (1).

Lorsque nous quittâmes l'Europe, ce savant voyageur nous recommanda expressément de porter notre atten-

(1) HUMBOLDT, *Voyage aux Régions équinoxiales*, t. II, p. 107-114 et 130 (*Annales de Chimie et de Physique*, t. VII, p. 182). M. de Humboldt, qui a fait connaître le premier les propriétés physiques du lait de l'*Arbol de Vaca*, a fait quelques expériences chimiques sur le lait du Carica; il n'en a pas fait sur le suc qui est l'objet de ce Mémoire. Il rapproche ce der-

tion sur le suc laiteux de l'*arbre de la vache*, et de lui envoyer la fleur.

Le lait que nous avons examiné provient du *Palo de leche* ou de *vaca*. L'arbre croît assez abondamment dans les montagnes qui dominent Periquito, situé au nord-ouest de Maracay (1).

Le lait végétal possède les mêmes propriétés physiques que celui de la vache, avec cette seule différence qu'il est un peu visqueux; il en a aussi la saveur : quant à ses propriétés chimiques, elles diffèrent sensiblement de celles du lait animal.

Il se mélange avec l'eau en toute proportion, et, ainsi étendu, il ne se coagule pas par l'ébullition.

Les acides ne le caillent pas, comme il arrive avec le lait de la vache.

L'ammoniaque, loin de le précipiter, le rend plus liquide : ce caractère indique l'absence du caoutchouc; car nous avons expérimenté sur des sucs contenant ce principe, que l'ammoniaque en précipitait la plus petite quantité, et que le précipité, séché, possédait les propriétés de la gomme élastique.

L'alcool le coagule légèrement (2).

Le lait végétal frais rougit légèrement le tournesol.

Il bout à la température de 100°, à la pression d'environ $0^m,729$.

Soumis à l'action de la chaleur, il présente d'abord les mêmes phénomènes que le lait de la vache; on voit se former à sa surface une pellicule qui empêche le dégagement des vapeurs aqueuses. En enlevant successivement la pellicule et le faisant évaporer à une douce chaleur, on obtient un extrait qui ressemble à la *frangipane*; mais si l'on continue plus long-temps l'action de

---

nier suc non des laits qui abondent en caoutchouc (Hevea), mais du lait du papayer (Carica), qu'il compare à une substance fortement animalisée, et dans lequel il supposait l'existence de l'albumine et du caséum. (G.-L.)

(1) Village à l'ouest de Caraccas.

(2) C'est moins qu'un coagulum : l'alcool rend seulement le suc plus facile à filtrer.

la chaleur, il se forme des gouttes huileuses; elles augmentent à mesure que l'eau se dégage, et finissent par former un liquide huileux dans lequel nage une substance fibreuse qui se dessèche et se racornit à mesure que la température de l'huile augmente. Alors se répand l'odeur la mieux caractérisée de viande que l'on fait frire dans la graisse. Par l'action de la chaleur, on sépare le lait végétal en deux parties, l'une fusible, de nature grasse, l'autre fibreuse, de nature animale.

Si on ne pousse pas trop loin l'évaporation du lait végétal et qu'on ne fasse pas bouillir la matière fusible, on peut l'obtenir sans altération; elle jouit alors des propriétés suivantes :

Elle est d'un blanc légèrement jaune, translucide, solide, et résiste à l'impression du doigt.

Elle commence à fondre à 40° centig.; et, quand la fusion est complète, le thermomètre indique 60°.

Elle est insoluble dans l'eau; les huiles essentielles la dissolvent facilement; elle se combine aussi aux huiles grasses, et forme un composé analogue au cérat.

L'alcool à 40° la dissout totalement par l'ébullition, et elle se précipite par le refroidissement.

Elle est saponifiable par la potasse caustique; mise en ébullition avec l'ammoniaque, elle forme une émulsion savonneuse.

L'acide nitrique chaud la dissout avec dégagement de gaz nitreux, et forme de l'acide oxalique.

Cette matière nous paraît ressembler à la cire d'abeille rafinée : nous pouvons ajouter qu'elle peut servir aux mêmes usages; car nous en avons fait des bougies.

Nous nous sommes procuré la matière fibreuse en évaporant le lait, en décantant la cire fondue, en lavant le résidu par une huile essentielle pour enlever les dernières portions de cire, en exprimant ce résidu et le faisant bouillir long-temps avec de l'eau pour volatiliser l'huile essentielle. Malgré cette opération, on ne peut ôter l'odeur de l'huile essentielle.

Ainsi obtenue, la matière fibreuse est brune, parce qu'elle est sans doute un peu altérée par la température de la cire fondue; elle est sans saveur; sur un fer chaud

elle se contourne, se boursoufle, se fond et se carbonise, en répandant l'odeur de viande grillée.

Traitée par l'acide nitrique étendu, il s'est dégagé un gaz qui n'était pas du gaz nitreux. La matière fibreuse s'est transformée en une masse jaune et graisseuse, comme il arrive à la chair musculaire quand on prépare le gaz azote par le procédé de M. Berthollet.

L'alcool ne dissout pas la matière fibreuse, et nous avons employé ce liquide pour l'obtenir sans altération. En traitant l'extrait du lait végétal par l'action réitérée de l'esprit-de-vin et en décantant le liquide chaud, on finit par obtenir cette matière en fibres blanches et flexibles : dans cet état, elle se dissout facilement dans l'acide hydrochlorique étendu. Cette substance possède, comme on peut le voir, les mêmes caractères que la fibrine animale.

La présence, dans le lait végétal, d'un produit qu'on ne rencontre ordinairement que parmi les sécrétions des animaux, est un fait bien surprenant que nous n'annoncerions qu'avec beaucoup de circonspection si un de nos plus célèbres chimistes, M. Vauquelin, n'avait déjà trouvé la fibrine animale dans le suc laiteux du Carica papaya.

Il nous reste à examiner le liquide qui, dans le lait du *Palo de Leche,* tient en suspension, dans un état de division chimique, les deux principes que nous avons reconnus ci-dessus, la cire et la fibrine. Le lait végétal, jeté sur un filtre, ne passe qu'avec la plus grande difficulté; mais si l'on y ajoute de l'alcool, il se forme un léger coagulum, et le liquide passe plus facilement.

La liqueur, filtrée, rougit le tournesol; très-rapprochée, elle n'a pas déposé de cristaux.

Evaporée en consistance sirupeuse et traitée par l'alcool rectifié, elle lui a abandonné un peu de matière sucrée; mais la masse principale ne s'est pas dissoute.

La portion insoluble dans l'alcool avait une saveur amère; dissoute dans l'eau, l'ammoniaque y forma un précipité, ainsi que le phosphate de soude. Nous présumâmes alors la présence d'un sel magnésien; en effet, une goutte de la dissolution placée sur une lame de verre à côté d'une autre goutte de phosphate d'ammoniaque a formé, par son mélange avec cette dernière, au

moyen d'un tube de verre, des caractères. Cette propriété *écrivante* appartient, comme on sait, au phosphate ammoniaco-magnésien, et le procédé au Dr Wollaston.

Nous pensions que c'était l'acide acétique qui était combiné à la magnésie; mais l'acide sulfurique ne dégagea pas l'odeur de vinaigre; il forma un sulfate et charbonna la liqueur. Nous ignorons donc la nature de cet acide.

La matière qui reste sur le filtre a l'aspect, quand elle est sèche, de la cire brute; elle fond en exhalant l'odeur de viande.

Le lait végétal abandonné à lui-même s'est aigri et a acquis une odeur désagréable. Pendant cette altération il se dégage de l'acide carbonique; il se forme en outre un sel ammoniacal; car la potasse en dégage de l'alcali volatil. Quelques gouttes d'acide ont empêché la putréfaction.

Les parties constituantes du lait de l'*arbre de la vache* sont : 1°. de la cire, 2°. de la fibrine, 3°. un peu de sucre, 4°. un sel magnésien qui n'est pas un acétate, 5°. de l'eau.

Il ne renferme ni caséum ni caoutchouc.

Par l'incinération, nous avons trouvé de la silice, de la chaux, du phosphate de chaux, de la magnésie.

La présence de la fibrine explique la propriété nutritive du lait du *Palo de Leche*. Quant à la cire, nous ignorons l'effet qu'elle produit ordinairement sur l'économie animale : ici, l'expérience prouve qu'elle n'est pas nuisible; car nous évaluons sa quantité à la moitié du poids du lait végétal.

L'*arbre de la vache* mériterait d'être cultivé seulement pour en retirer la cire, qui est d'une qualité supérieure : ce serait une richesse de plus pour le sol fertile de la vallée d'Aragua, où déjà on voit la culture de la canne à sucre, du coton et de l'indigo, réunie à celle des céréales.

(Extrait d'une lettre de M. Boussingault, datée de Maracay, entre Caraccas et Nueva Valencia, le 15 février 1823.)

JOURS.	9 HEURES DU MATIN Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
1	759,13	+21,7	71	758,70	+24,7	61	757,86	+25,2	58	758,24	+18,8	78	+25,3	+14,2	Nuageux.	N. E.
2	757,20	+23,0	70	756,18	+25,4	64	754,80	+25,2	62	752,91	+17,2	80	+25,4	+13,8	Trouble.	O N. O.
3	749,56	+18,2	80	749,20	+19,1	75	748,54	+20,1	69	748,38	+14,8	68	+20,1	+13,3	Pluie par intervalles.	O. S. O.
4	74[illegible],26	+16,0	71	746,20	+18,5	64	745,77	+19,1	67	746,24	+10,7	94	+19,5	+ 9,5	Couvert.	O. fort.
5	747,40	+15,6	79	747,66	+17,8	66	748,40	+17,2	63	751,07	+10,4	86	+17,8	+ 7,8	Nuageux.	S. O.
6	753,29	+17,9	69	753,56	+19,5	63	754,53	+16,5	67	758,25	+12,6	81	+19,5	+ 6,3	Couvert.	S. O.
7	762,22	+19,0	65	762,16	+20,5	59	761,17	+19,4	61	760,30	+13,3	76	+20,5	+ 7,5	Nuageux.	S S. O.
8	758,45	+20,7	66	757,83	+23,1	63	756,60	+22,0	62	757,06	+16,1	91	+23,1	+ 9,8	Nuageux.	S O.
9	756,89	+11,8	94	756,30	+19,1	66	756,22	+15,2	84	756,36	+11,8	95	+19,1	+11,8	Couvert.	O.
10	756,70	+15,1	71	756,89	+13,5	71	756,60	+14,8	71	757,70	+ 9,8	91	+15,8	+ 8,8	Pluie par intervalles.	O.
11	758,38	+14,9	78	757,80	+17,0	69	758,51	+17,9	67	756,61	+13,2	86	+17,9	+ 7,0	Très-nuageux.	N. O.
12	753,50	+10,0	99	752,29	+14,7	83	751,40	+17,2	81	751,72	+13,4	91	+17,2	+10,0	Couvert.	N.
13	750,60	+13,7	98	750,82	+15,9	93	750,80	+17,5	90	751,05	+15,2	99	+17,5	+11,8	Couvert.	N.
14	752,60	+17,1	82	753,00	+19,7	74	753,16	+22,1	71	754,90	+17,6	83	+22,1	+13,8	Quelques éclaircies.	N.
15	757,00	+20,0	71	757,55	+22,2	66	757,44	+23,2	64	759,34	+16,0	86	+23,2	+14,0	Nuageux.	O.
16	761,88	+14,5	70	762,25	+17,4	63	762,50	+16,2	64	763,26	+12,2	71	+17,4	+11,8	Très-nuageux.	N. E. fort.
17	764,47	+15,1	72	763,77	+17,0	63	763,08	+17,5	63	762,50	+12,0	80	+17,5	+ 6,8	Nuageux.	N. N. E.
18	760,33	+13,8	70	759,27	+15,0	70	758,22	+16,0	72	757,54	+12,0	93	+16,0	+ 9,5	Quelques éclaircies.	N. N. E.
19	757,43	+11,2	93	756,98	+14,7	81	756,40	+15,0	75	756,48	+12,0	86	+16,5	+ 9,6	Couvert.	N.
20	754,06	+13,9	90	754,09	+15,5	85	754,23	+16,4	79	754,78	+13,2	91	+16,4	+10,2	Couvert.	N. O.
21	756,60	+14,6	89	756,60	+19,5	74	756,30	+20,7	62	757,77	+13,8	89	+20,8	+11,0	Trouble et nuageux.	N. E.
22	758,80	+13,1	80	758,90	+14,5	74	758,64	+15,6	70	759,02	+15,7	81	+15,8	+10,7	Couvert.	N. E.
23	757,74	+13,7	70	757,13	+15,5	64	756,94	+14,5	73	757,25	+ 9,0	99	+15,5	+ 7,7	Couvert.	N. faible.
24	756,95	+14,5	69	756,95	+16,0	67	756,08	+17,7	62	755,44	+11,9	85	+17,8	+ 5,3	Couvert.	O. N. O.
25	753,15	+19,2	67	752,36	+20,0	59	751,90	+20,0	58	752,04	+11,8	81	+21,0	+ 8,8	Couvert.	O. S. O faible.
26	750,57	+20,0	65	749,31	+22,5	59	748,02	+22,1	59	746,56	+13,8	94	+22,5	+ 8,8	Couvert.	S. S. O.
27	743,07	+19,5	76	743,83	+15,2	89	743,16	+20,9	71	744,00	+15,5	85	+20,9	+13,5	Pluie et tonnerre.	S. O.
28	743,88	+14,7	92	744,20	+20,2	74	745,18	+19,2	71	749,34	+13,7	92	+20,3	+13,7	Nuageux, tonnerre.	O. S O. fort.
29	753,70	+[illegible]	75	754,22	+22,1	71	754,43	+18,6	79	756,40	+13,8	96	+22,1	+10,5	Couvert, gout. d'eau.	O. fort.
30	757,31	+20,8	78	756,55	+23,1	72	755,71	+20,2	78	751,95	+16,8	99	+23,9	+11,5	Couvert.	O.
1	754,71	+17,9	74	754,47	+20,1	65	754,05	+19,5	66	754,65	+13,5	84	+20,6	+10,3	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	757,03	+14,4	82	756,78	+16,9	75	756,37	+17,9	73	756,82	+13,7	87	+18,2	+10,4	Moyenn. du 11 au 20	Cour, 5,325
3	753,27	+16,9	76	753,01	+18,9	70	752,63	+19,0	68	752,98	+13,6	90	+20,1	+10,1	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 4,985.
	755,00	+16,4	77	754,75	+18,6	70	754,35	+18,8	69	754,80	+13,6	87	+17,6	+10,3	Moyennes du mois, +15°,0.	

SUITE

Du Mémoire sur l'Incertitude que présentent quelques résultats de l'analyse chimique.

PAR M. LONGCHAMP.

(Lu à l'Académie royale des Sciences, le 3 mars 1823.)

CHAPITRE DEUXIÈME.

Décomposition du sous-carbonate d'ammoniaque par le nitrate et le muriate de chaux.

DÉSIGNATION des précipitans.		POIDS de la dissolution de sous-carbonate d'ammoniaque employée.	POIDS du sous-carbonate de chaux obtenu.	POIDS du sous-carbonate qu'auraient donné 100 de la dissolution.	TERMES moyens du poids du sous-carbonate de chaux qu'auraient donnés 100 de la dissolution.
		gramm.	gramm.	gramm.	gramm.
Nitrate de chaux.	1er rés.	20,213	1,482	7,3319	7,2564
	2e *id.*	16,780	1,205	7,1810	
Muriate de chaux.	1er rés.	19,093	1,074	5,6251	5,9658
	2e *id.*	17,997	1,135	6,3066	

J'ai pris 2g., 618 de sous-carbonate de chaux provenant de la précipitation par le nitrate; ils ont été calcinés pendant trois quarts d'heure, comme je l'ai dit à l'article de la précipitation par le sous-carbonate de soude; ils se sont réduits à 1g., 165.

2g., 122 de sous-carbonate de chaux provenant de la précipitation par le muriate de chaux ont été calcinés de même; ils se sont réduits à 1g., 192.

J'ai fait bouillir les eaux surnageantes de la précipitation par le nitrate de chaux : elles ont donné 0g.,02 de sous-carbonate.

Les eaux surnageantes de la précipitation par le muriate de chaux, soumises à la même opération, ont donné 0g.,055 de sous-carbonate.

En réunissant les précipités obtenus par l'ébullition des eaux surnageantes à ceux qui s'étaient déposés au fond de ces eaux, on trouve que 100 parties de la dissolution de sous-carbonate d'ammoniaque décomposées par le nitrate de chaux auraient donné 7,3107 de sous-carbonate de chaux, qui par la calcination se seraient réduites à 4g.,0521, et que 100 parties de cette même dissolution de sous-carbonate d'ammoniaque décomposées par le muriate de chaux auraient donné 6g.,1046 de sous-carbonate calcaire, qui après la calcination n'auraient plus pesé que 3g.,4291.

L'on voit que la décomposition du sous-carbonate d'ammoniaque par le nitrate et le muriate de chaux donne des résultats encore plus incertains que celle du sous-carbonate de soude ; car, dans le cas qui nous occupe, 100 parties de sous-carbonate d'ammoniaque ont donné par le nitrate de chaux 7,3 de sous-carbonate calcaire, et par le muriate 6,0 ; ce qui établit entre les deux résultats une différence de dix-huit pour cent.

Lorsque l'on réunit les précipités fournis par l'ébullition des eaux surnageantes à ceux primitivement obtenus, la différence n'est plus que de seize pour cent environ.

Il est à remarquer que les eaux surnageantes des précipités provenant de la décomposition soit du sous-

carbonate de soude, soit du sous-carbonate d'ammoniaque par le muriate de chaux, ont donné par l'ébullition plus de sous-carbonate calcaire que celles provenant de l'emploi du nitrate de chaux; d'où il semble que l'on peut conclure que les muriates exercent sur le sous-carbonate de chaux une plus forte action que les nitrates.

Je dois faire observer que les dernières eaux de lavages des précipités de sous-carbonate de chaux donnaient par l'oxalate d'ammoniaque un louche assez prononcé. Cependant ces eaux ne contenaient plus de sels calcaires solubles en dissolution; car celles qui passaient sur les précipités provenant de l'emploi du muriate de chaux ne donnaient aucun louche par le nitrate d'argent; et comme les eaux de lavages qui provenaient des précipités produits par le nitrate de chaux avaient été aussi abondantes, il faut en conclure qu'elles ne contenaient pas non plus de nitrate calcaire. Etait-ce donc le carbonate de chaux qui se dissolvait dans l'eau, et que l'oxalate d'ammoniaque dénotait? Quoi qu'il en soit, cela n'empêche pas que les résultats ne soient comparatifs, puisque j'employais toujours la même quantité d'eau pour le lavage de chaque précipité; ainsi, s'il se dissolvait du sous-carbonate calcaire, il a dû s'en dissoudre autant dans un cas que dans l'autre, et le poids relatif des précipités n'a pas pu en être altéré.

SECTION SIXIÈME.

Décomposition des sels calcaires par les sous-carbonates de soude et d'ammoniaque.

L'emploi des sous-carbonates alcalins est d'un fréquent usage dans l'analyse chimique pour séparer la chaux des

dissolutions qui la contiennent ; il m'a donc paru important de déterminer par l'expérience s'il était indifférent d'employer à cet usage les sous-carbonates d'alcalis fixes ou le sous-carbonate d'ammoniaque ; c'est ce qui m'a engagé aux recherches suivantes.

Art. Ier. *Décomposition du nitrate de chaux par les sous-carbonates de soude et d'ammoniaque.*

Désignation des précipitans.		Poids de la dissolution de nitrate de chaux employée.	Poids du précipité de sous-carbonate de chaux obtenu.	Poids du précipité qu'auraient produit 100 de la dissolution de nitrate de chaux.	Termes moyens des poids des précipités qu'auraient fourni 100 parties de la dissolution de nitrate de chaux.
		gramm.	gramm.	gramm.	gramm.
Sous-carbonate de soude.......	1er rés.	19,000	2,023	10,6310	10,6005
	2e *id.*	16,367	1,730	10,5700	
Sous-carbonate d'ammoniaque...	1er rés.	18,720	1,984	10,5983	10,6121
	2e *id.*	17,956	1,908	10,6259	

Ayant fait bouillir les eaux surnageantes de la précipitation, elles ont donné quelque peu de sous-carbonate de chaux, mais en trop petite quantité pour être recueilli et pesé.

J'ai fait calciner au rouge blanc, et tenu à ce degré de chaleur pendant près d'une heure 3g.,713 de sous-carbonate de chaux obtenu par le sous-carbonate de soude ; ils se sont réduits à 2g.,088 : par conséquent 10g.,6005 se seraient réduits à 5g.,9612.

3g.,877 de sous-carbonate de chaux obtenu par le sous-carbonate d'ammoniaque ont été pareillement chauf-

sés : ils se sont réduits à 2g.,160; par conséquent 10g.,6121 se seraient réduits à 5g.,9123.

ART. II. *Décomposition du muriate de chaux par les sous-carbonates de soude et d'ammoniaque.*

DÉSIGNATION des précipitans.		POIDS de la dissolution de muriate de chaux employée.	POIDS du précipité de sous-carbonate de chaux obtenu.	POIDS du précipité qu'auraient produit 100 de la dissolution de muriate de chaux.	TERMES moyens des poids des précipités qu'auraient produits 100 de la dissolution de muriate de chaux.
		gramm.	gramm.	gramm.	gramm.
Sous-carbonate de soude.......	1er rés.	16,065	1,270	7,9054	7,9046
	2e *id.*	15,600	1,233	7,9038	
Sous-carbonate d'ammoniaque...	1er rés.	13,938	1,073	7,6984	7,6876
	2e *id.*	13.340	1,024	7,6768	

Les eaux surnageantes de la précipitation ayant été soumises à l'ébullition ont donné un peu de sous-carbonate de chaux; j'en ai obtenu 0g.,012 des eaux qui provenaient de l'emploi du sous-carbonate de soude, et 0g.,005 de celles provenant de l'emploi du sous-carbonate d'ammoniaque. En réunissant ces produits à ceux rapportés dans le tableau ci-dessus, l'on trouve que 100 parties de la dissolution de muriate de chaux que j'ai employée auraient donné par le sous-carbonate de soude 7g.;9425 de sous-carbonate calcaire, et par le sous-carbonate d'ammoniaque j'aurais eu 7g.,7059.

J'ai calciné au rouge blanc 2g.,472 de sous-carbonate de chaux obtenu par le sous-carbonate de soude. Ayant maintenu la chaleur à ce degré pendant une heure, ils

se sont réduits à 1g.,41 ; par conséquent 7g.,9425 se seraient réduits à 4g.,5303. J'ai calciné de même 2g.,052 de sous-carbonate de chaux obtenu par le sous-carbonate d'ammoniaque. Après la calcination, ils ne pesaient plus que 1g.,148 : donc 7g.,7059 n'auraient plus pesé que 4g.,3111.

L'on voit, par ce résultat, que le sous-carbonate de chaux obtenu par le sous-carbonate de soude a dû retenir des sels de soude, dont l'acide a bien été décomposé par la chaleur, mais dont la base est restée avec la chaux. Au lieu que le sous-carbonate calcaire obtenu par le sous-carbonate d'ammoniaque a perdu par la calcination l'acide et la base des sels ammoniacaux qu'il avait entraînés : aussi la perte au feu est-elle plus considérable dans ce cas-ci que dans le premier. C'est aussi le même résultat que nous avons obtenu de la précipitation du muriate de chaux par les sous-carbonates de soude et d'ammoniaque, puisque 10,6005 de sous-carbonate calcaire obtenu par le sous-carbonate de soude se seraient réduits à 5,9612, tandis que 10,6121 de sous-carbonate calcaire obtenu par le sous-carbonate d'ammoniaque n'auraient plus pesé que 5g.,9123.

SECTION SEPTIÈME.

Sur la précision apportée dans les analyses chimiques ayant pour but la fixation des proportions déterminées.

M. Berzelius est de tous les chimistes celui qui s'est le plus occupé de déterminer les proportions dans lesquelles se combinent les bases et les acides pour former

les sels ; il est aussi celui qui a apporté dans ce genre de recherches le plus de soin et une précision jusqu'à lui inconnue. C'est donc dans les travaux de cet habile chimiste que je vais rechercher quelle est la précision dont est susceptible la partie de l'analyse chimique dont je m'occupe dans ce Mémoire.

Dans le premier travail que nous avons de M. Berzelius sur les proportions déterminées, il nous apprend que les analyses qu'il appelle *normales*, c'est-à-dire, celles qui doivent ensuite lui servir à déterminer les proportions des autres composés, ont été faites avec un tel soin « qu'à coup sûr, dit-il, elles ne se trouveront » pas fausses de plus d'un millième » (*Annal. de Chim.*, t. LXXVII, p. 9). Dans plusieurs autres de ses Mémoires, il revient encore sur la précision qu'il a apportée dans la détermination des proportions de la nature inorganique, et c'est toujours dans la limite d'un millième d'erreur que ses analyses normales sont présentées (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. X, p. 278; t. XI, p. 28).

Si nous étions arrivés à un tel point de rigueur, nous pourrions croire que la science est près du terme où ses résultats seront positifs et désormais à l'abri de cette fluctuation qui depuis près de cinquante ans en rend la marche quelquefois incertaine ; mais, en étudiant les travaux de cette époque, il m'a semblé que nous ne laisserons pas nos successeurs sans occupation, et que la carrière qui nous a été ouverte leur restera encore à parcourir.

Analyse de l'acide sulfurique. L'analyse de l'acide sulfurique est certainement une de celles qui paraîtront les plus importantes aux chimistes, et sans doute une

de celles dans lesquelles M. Berzelius a mis le plus de soin, et qu'il met probablement dans la classe des normales. Recherchons donc dans ses travaux quel est le degré de précision auquel il est parvenu pour déterminer les proportions dans lesquelles le soufre et l'oxigène se combinent.

S'il part du résultat qu'il a obtenu au moyen du plomb dissous dans l'acide nitrique, précipité ensuite par l'acide sulfurique et évaporé à siccité, il trouve que 100 de soufre se combinent avec 148,431 d'oxigène. Si, au contraire, il prend avec le plus grand soin la pesanteur spécifique de l'acide sulfureux, et que de la composition de cet acide il cherche à en conclure celle de l'acide sulfurique, il trouve que 100 de soufre se combinent avec 144,78 d'oxigène (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XI, p. 75) : or, voilà un résultat qui diffère du premier de deux et demi pour cent. Quel est le bon? Nous ne le savons pas, peut-être aucun des deux. M. Berzelius penche pour le premier; mais il fallait prouver que le second était mauvais, et le prouver, non pas par des considérations théoriques qui peuvent être en défaut, mais par des expériences irrécusables; car il s'agissait ici d'assigner les proportions des élémens d'une substance qui est, pour ainsi dire, un des pivots de l'analyse chimique. Il ne fallait pas se contenter de soupçonner les causes d'erreur dont un des moyens pouvait être influencé, il fallait les démontrer : c'était enfin dans cette circonstance qu'une exactitude poussée jusqu'au millième était nécessaire; et cependant nous sommes en balance entre deux résultats qui diffèrent entr'eux d'un quarantième.

Si donc l'analyse de l'acide sulfurique est incertaine,

celle de presque toutes les substances inorganiques le devient aussi; car les personnes qui connaissent les travaux de M. Berzelius, et qui se rappellent la marche qu'il a suivie, savent très-bien qu'en définitive il retombe presque toujours sur l'analyse du sulfate de baryte ou sur celle du sulfate de plomb : or, l'analyse de ces sels ne peut pas être certaine si celle de l'acide sulfurique ne l'est pas, puisque l'on admet que dans les sulfates l'oxigène de l'acide est trois fois celui de la base.

Analyse des sulfates. Mais jusqu'ici je ne trouve qu'une simple incertitude dans l'analyse des sulfates, et non point la preuve qu'elle est inexacte; car, si cette analyse dépendait essentiellement et uniquement de celle de l'acide sulfurique, et que celle que M. Berzelius a choisie fût par hasard la bonne, il s'ensuivrait que celle des sulfates serait irréprochable; mais je vais faire voir que l'analyse de ces sels, considérée indépendamment de celle de l'acide sulfurique, ne peut point être rigoureuse. Pour cela, je vais rapporter de quelle manière M. Berzelius a déterminé les proportions du sulfate de baryte.

Il a pris 10 grammes de muriate, il les a calcinés et a constaté la perte; puis ils ont été dissous dans l'eau et précipités par le nitrate d'argent. Il connaît donc, par cette opération, la quantité d'eau et d'acide qui entre dans la composition du muriate de baryte, et la base lui est donnée par le calcul au moyen d'une simple soustraction. Mais on a vu, dans le tableau que j'ai présenté de la précipitation du nitrate d'argent par les muriates, que celui de baryte donnait un poids de muriate d'argent

plus considérable que celui fourni par l'acide muriatique, d'où l'on peut en conclure que le muriate d'argent entraîne avec lui une portion du sel barytique : donc l'analyse du muriate de baryte par le nitrate d'argent ne peut pas servir à déterminer avec rigueur la proportion de l'acide muriatique, et par conséquent celle de la baryte qui en est conclue. Cependant admettons que cette cause d'erreur n'ait pas une grande influence, et adoptons, si on veut, comme bonne, l'analyse du muriate de baryte : voyons si celle du sulfate sera par là à l'abri de tout reproche.

M. Berzelius ayant déterminé par soustraction la proportion de baryte qui entre dans le muriate, précipite 10 grammes de ce sel par l'acide sulfurique, et le poids du sulfate obtenu lui donne la proportion de l'acide qui s'est combinée à la base (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XI, p. 113). Mais j'ai fait voir que, lorsqu'on décompose du muriate de baryte par l'acide sulfurique, le sulfate, en se précipitant, entraîne avec lui du muriate de baryte, de l'acide sulfurique et de l'acide muriatique, dont les lavages ne peuvent lui enlever la totalité; le poids du sulfate de baryte obtenu est donc affecté d'une cause d'erreur dont il est difficile de déterminer l'influence.

Ainsi l'analyse du sulfate de baryte s'appuie sur celle du muriate, qui ne peut pas être rigoureuse, et sur le poids du précipité obtenu de la décomposition du muriate de baryte par l'acide sulfurique, qui, ainsi que l'on vient de le voir, ne donne qu'un résultat inexact : donc l'analyse du sulfate de baryte ne peut pas être une de celles dont les proportions soient fixées jusqu'au millième,

et sur lesquelles M. Berzelius veut appuyer la composition de tous les sels.

Mais l'analyse du sulfate de baryte n'étant pas aussi rigoureuse qu'on le pensait, il s'ensuit naturellement que celle des sulfates présente une grande incertitude, puisque toutes les proportions des combinaisons de l'acide sulfurique avec les bases ont été déterminées par le sulfate de baryte. Mais il y a ici quelque chose de mieux, c'est que, quand bien même on aurait déterminé avec une grande rigueur les proportions du sulfate de baryte, l'analyse des sulfates n'en serait pas moins incertaine; car j'ai fait voir, dans ce travail, que le sulfate de baryte entraîne avec lui une portion quelconque des élémens qui étaient en présence lors de sa formation; et cette altération du poids réel du sel insoluble jette une si grande incertitude sur les résultats que l'on obtient, qu'ils ne peuvent plus servir à la fixation des proportions déterminées : c'est du moins l'opinion de M. Berzelius.

Ce chimiste s'est aperçu, dans ces derniers temps, que, lorsque l'on décompose le sulfate de magnésie par le muriate de baryte, il se précipite avec le sulfate une certaine portion de muriate de magnésie que les eaux de lavages n'enlèvent qu'avec grande peine et d'une manière incertaine. M. Berzelius tire de ce fait la conséquence que, « par le mode d'analyse dont il s'agit (l'analyse » du sulfate de magnésie par le muriate de baryte), on » ne peut obtenir aucun résultat qui mérite confiance » (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XIV, p. 376). Or, si le savant chimiste de Stockholm n'accorde aucune confiance à l'analyse du sulfate de magnésie faite au moyen du

muriate de baryte, par la seule raison que le sulfate de baryte obtenu n'était point exempt de matière étrangère, voilà donc les sels barytiques exclus de nos laboratoires pour déterminer les proportions des sulfates, et l'analyse des sulfates rejetée par M. Berzelius comme incertaine et ne méritant aucune confiance; car j'ai prouvé, dans le travail que j'ai l'honneur de communiquer à l'Académie, que ce que le savant chimiste suédois a observé dans la décomposition du sulfate de magnésie par le muriate de baryte, se passe également dans la décomposition d'un sulfate quelconque par le nitrate ou le muriate de baryte; et comme les sels barytiques ont été seuls employés à l'analyse des sulfates, il s'ensuit nécessairement que ces analyses ne peuvent point être admises comme rigoureuses.

Analyse des sels barytiques. J'ai rapporté plus haut la marche que M. Berzelius a suivie pour déterminer les proportions du muriate de baryte, et je crois avoir prouvé que l'analyse de ce sel ainsi faite ne peut pas être rigoureuse.

M. Berzelius a analysé le nitrate de baryte par deux procédés : l'un lui a donné 8,867 de sulfate de baryte, l'autre 8,907. Ces deux nombres sont éloignés de se rapporter jusqu'au millième; cependant le nitrate de baryte étant un des sels les plus employés dans l'analyse chimique, et un de ceux dont M. Berzelius se sert le plus habituellement dans ses travaux, nous devrions le trouver au nombre de ceux dont les proportions sont déterminées avec le plus de rigueur. Si l'on reporte les yeux sur le tableau où je présente le résultat de l'analyse de ce sel par l'acide sulfurique et les sulfates, l'on voit que

la proportion de la baryte varie entre 57,89 et 58,92 sur cent, suivant le sulfate que l'on emploie pour la précipitation.

Analyse des muriates. Tous les muriates sont analysés au moyen du sel insoluble que forme le nitrate d'argent dans la solution de ces sels; mais l'on voit, dans le tableau que j'ai présenté de la décomposition du nitrate d'argent par l'acide muriatique et les muriates, que ces différens sels ne donnent pas le même résultat. Par exemple, le muriate de soude a donné avec 100 parties de nitrate d'argent 265 parties de muriate, et le muriate de magnésie en a donné 266. Voilà des résultats qui diffèrent de quatre millièmes, et qui par conséquent sont éloignés d'être dans les limites dans lesquelles M. Berzelius veut que se trouvent renfermés ceux qui doivent servir de base aux calculs des proportions déterminées.

Analyse des sous-carbonates. Plusieurs chimistes ont assigné les proportions du sous-carbonate d'ammoniaque en déterminant les volumes d'acide carbonique et de gaz ammoniacal qui se combinent pour former le sel; mais il en est d'autres qui ont fixé le poids de l'acide au moyen de la décomposition du sous-carbonate d'ammoniaque par les sels calcaires : or, j'ai fait voir que 100 parties de sous-carbonate d'ammoniaque ont donné, par le nitrate de chaux, 7,31 de sous-carbonate calcaire, et par le muriate 6,10; résultats qui diffèrent entr'eux de seize pour cent.

Jusqu'à présent l'on ne voit pas quel est le plus exact, et il est probable qu'ils ne le sont ni l'un ni l'autre. Quelle confiance pourrait donc mériter une analyse du

sous-carbonate d'ammoniaque qui aurait été faite par les sels calcaires ? J'en dirai autant d'une analyse de sous-carbonate de soude qui aurait été faite au moyen de ces sels.

Analyse des phosphates. M. Berzelius a conclu les proportions des phosphates de celle du phosphate de baryte, qu'il a faite en dissolvant une quantité donnée de ce sel dans l'acide nitrique, et précipitant par l'acide sulfurique (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. II, p. 153). Or, j'ai fait connaître quelle incertitude présente la décomposition du nitrate de baryte par l'acide sulfurique ; de plus, il y avait ici de l'acide phosphorique en présence ; de plus, enfin, le phosphate de baryte employé avait été obtenu en décomposant du phosphate d'ammoniaque par du muriate de baryte. Nous trouvons ainsi trois causes d'erreur, dont la moindre a dû avoir une influence considérable sur le résultat. Aussi je suis convaincu que l'analyse des phosphates est à faire, et que celle que nous avons aujourd'hui s'éloigne beaucoup de la vérité. C'est un travail d'autant plus intéressant à entreprendre, que l'on expliquera sans doute toutes les anomalies que présentent les travaux des chimistes qui se sont occupés de l'étude de ces sels. Je m'en occupe avec ardeur, et j'espère pouvoir communiquer incessamment mes résultats à l'Académie.

Analyse des fluates. L'analyse de ces sels est conclue de celle du fluate de baryte, que M. Berzelius a faite récemment. Il a obtenu son fluate de baryte en décomposant le fluate de soude par le nitrate de baryte, et traitant ensuite le fluate de baryte par l'acide sulfurique (*Annales de Chimie et de Physique.* XI. 133). Cette analyse

n'est certainement pas plus exacte que celle des phosphates, et est affectée des mêmes causes d'erreur. M. Berzelius avait d'abord voulu employer du fluate de baryte qu'il avait préparé au moyen du fluate de soude et du muriate de baryte; mais il s'est aperçu que son fluate de baryte contenait beaucoup de muriate de cette base.

Le savant chimiste suédois a trouvé par l'analyse du fluate de baryte que 100 parties d'acide fluorique contiennent 71 d'oxigène, et par celle du fluate de chaux *naturel* qu'elles en contiennent près de 73. Ce n'est certainement pas là une exactitude portée jusqu'au millième: cependant M. Berzelius se contente de l'analyse du fluate de baryte pour déterminer la composition des fluates.

Analyse des arséniates. Les proportions dans lesquelles l'acide arsenique se combine avec les bases, sont conclues par M. Berzelius de l'analyse qu'il a faite des arséniates de baryte et de plomb. Le premier, préparé en versant une dissolution de nitrate de baryte dans une solution d'arséniate de soude; le second, en versant une dissolution de nitrate de plomb dans une autre d'arséniate de soude (*Annales de Chimie et de Physique*. XI. 229). On doit présumer que les arséniates de baryte et de plomb ainsi préparés lui ont donné des résultats erronés.

Analyse des chromates. C'est au moyen des chromates de plomb et de baryte que M. Berzelius a déterminé les proportions des chromates. Le premier a été obtenu en décomposant une dissolution de nitrate de plomb par une autre de chromate de potasse; le second, en versant une dissolution de muriate de baryte dans une solution de chromate de potasse (*Annales de Chimie et*

de Physique. XVII. 7). L'analyse de ces sels ainsi préparés n'a pu que lui donner des résultats qui ne sont point exacts ; et la preuve incontestable que ma présomption est fondée, c'est que s'il conclut la capacité de saturation de l'acide chromique de l'analyse du chromate de baryte, il trouve qu'elle est de 15,60 ; et s'il la conclut de celle du chromate de plomb, elle est de 15,34 ; résultats qui diffèrent entre eux environ de deux centièmes.

En parcourant les diverses autres combinaisons des bases et des acides, je pourrais prouver qu'il n'est pas un seul genre de sels dont les proportions déterminées soient aujourd'hui renfermées dans la limite d'un millième d'erreur ; et je doute même qu'à l'exception des muriates, des sulfates et des nitrates, dont l'analyse est un peu plus certaine, il soit un autre genre de combinaisons salines dont les proportions ne soient pas affectées d'une erreur d'un centième, et peut-être y en a-t-il où elle est portée à trois et quatre pour cent.

L'exactitude à apporter dans la fixation des proportions déterminées peut seule assurer les progrès futurs de la science. Plusieurs savans la croyaient parvenue à un point de précision satisfaisant ; mais il m'a semblé que nous n'étions pas encore arrivés à ce terme désiré, et je crois l'avoir prouvé par les résultats que j'ai présentés dans ce travail. Cette confiance des chimistes devait être funeste pour l'avancement de la science, et c'est ce qui m'a engagé à leur signaler les causes d'erreur que j'ai remarquées. C'est principalement l'incertitude qui existe dans l'analyse des sels qui a frappé mon attention ; il était donc nécessaire que je recherchasse, dans les

travaux de notre époque qui ont pour but ce genre de recherches, les erreurs qui ont pu être commises dans la fixation des proportions déterminées; et, par conséquent, j'ai dû choisir ceux de M. Berzelius. Ce savant est trop animé du desir des progrès de la chimie et trop occupé de la recherche de la vérité, pour se méprendre à l'espèce d'examen que je me suis permis de faire d'une partie de ses travaux. Quoi qu'il en soit des soupçons que j'ai élevés sur l'exactitude de quelques-uns de ses résultats, les laborieux et ingénieux travaux de cet habile chimiste ne resteront pas moins comme des modèles de précision, et leur auteur sera toujours reconnu comme un des chimistes qui ont le plus contribué à l'avancement de la science, tant par ses belles découvertes que par son excellent *Traité des Proportions chimiques*. Je desire que le faible hommage que je rends ici au célèbre successeur de Bergmann et de Schéele soit agréé par lui, et que l'on y reconnaisse tout le prix que je fais de ses savantes recherches.

Conclusion.

Il résulte, des expériences que j'ai rapportées dans ce travail, que l'analyse des sels présente une incertitude dont il est difficile d'apprécier aujourd'hui toute l'étendue, et que la cause, jusqu'actuellement inaperçue, tient à ce que les sulfates de baryte et de plomb, ainsi que le muriate d'argent, entraînent avec eux, dans leur précipitation, une partie quelconque des élémens au milieu desquels ils se forment; et si l'on rapproche de cette observation l'incertitude que m'a présenté le sous-carbonate de chaux obtenu de la décomposition des sels cal-

caires, et qui probablement tient à la même cause, l'on sera sans doute porté à admettre comme loi générale que *toutes les fois qu'un sel insoluble se forme au milieu d'un liquide, il entraîne une portion quelconque des substances au milieu desquelles il a pris naissance.* Cette observation, très-importante pour la chimie, le sera peut-être également pour la minéralogie et particulièrement pour la géologie, en ce qu'elle peut souvent faire connaître dans quelle circonstance s'est formée une masse minérale ; car il est probable que les substances que l'analyse chimique nous fait découvrir en petite quantité dans les minéraux, ont été entraînées lors de la précipitation des masses minérales, et que, par conséquent, ces substances étaient dissoutes en quantité plus ou moins grande dans le liquide où ces masses ont pris naissance.

Il résulte, des expériences que j'ai rapportées, que le nitrate de baryte doit être proscrit de nos laboratoires ; car il donne des résulsats beaucoup plus incertains que ceux obtenus par le muriate.

Il en est de même du nitrate de plomb, et même je le crois encore plus infidèle que le nitrate de baryte. M. Berzelius en a fait un très-fréquent usage, particulièrement pour l'analyse des acides végétaux, de la gomme, de l'amidon, etc., etc. ; et je crois que, malgré le soin qu'il a pris de ne point employer le nitrate de plomb en excès, il n'a cependant pu obtenir que des résultats qui doivent être affectés d'erreurs graves ; aussi les analyses des substances végétales faites par M. Berzelius diffèrent-elles souvent de celles faites par d'autres chimistes.

Nous avons vu aussi que les sous-carbonates alcalins

ne peuvent pas être employés pour estimer avec précision la quantité de chaux dissoute par un acide que contiendrait un liquide ; et les sels calcaires ne peuvent, dans aucune circonstance, servir à estimer la quantité de sous-carbonate alcalin qu'une dissolution saline pourrait contenir.

Enfin, il résulte du travail que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie, que quand bien même l'on parviendrait, par des méthodes rigoureuses, à déterminer les proportions des sels, l'analyse chimique, en général, n'en présenterait pas moins une très-grande incertitude ; car, quand vous posséderiez, par exemple, une analyse du sulfate de baryte irréprochable, il n'en est pas moins vrai que, lorsque vous verserez du muriate de baryte dans une solution saline quelconque pour en séparer l'acide sulfurique, le sulfate de baryte qui, par son poids, est destiné à vous faire connaître la quantité de cet acide, ayant entraîné dans sa précipitation une certaine portion des élémens avec lesquels il était en contact lors de sa formation, ne vous donnera jamais que des résultats plus ou moins éloignés de la vérité, puisque son poids est compliqué de celui des matières étrangères qu'il a entraînées.

J'ai desiré appeler l'attention des chimistes sur des faits nouveaux, qu'il me semble important de vérifier et de discuter. C'est cette discussion que je sollicite ; et c'est pour l'obtenir que je me suis déterminé à soumettre à l'Académie le travail que j'ai l'honneur de lui présenter.

Des *Effets électriques qui se développent pendant diverses actions chimiques.*

Par M. Becquerel,
Ancien Chef de Bataillon du Génie.

(Mémoire lu à l'Académie des Sciences le 7 juin 1823.)

C'est en France où furent faites, je crois, les premières expériences relatives à l'influence de l'électricité dans les actions chimiques : MM. Lavoisier et Laplace observèrent qu'en faisant agir plusieurs kilogrammes d'acide sulfurique sur de la limaille de fer, il se développait assez d'électricité pour charger un condensateur jusqu'à obtenir des étincelles ; ils ne purent décider si ce dégagement d'électricité résultait de l'acte même de la combinaison chimique ou bien de la friction des particules en effervescence les unes sur les autres et contre les parois du vase. Ces deux illustres savans remarquèrent aussi que, dans l'évaporation d'un liquide, le vase s'emparait d'une électricité et la vapeur de l'autre.

A cette époque et avant la découverte du galvanisme, Ritter et Winterl s'étaient occupés d'une théorie électro-chimique ; le premier en avait conçu l'idée, et le second avait essayé de prouver l'identité entre les forces chimiques et électriques. La pile de Volta vint ensuite donner plus d'extension à cette théorie. Bientôt après, Nicholson découvrit la décomposition de l'eau à l'aide de cet admirable instrument ; MM. Berzelius et Hisinger trouvèrent que, lorsque cette eau renfermait un sel en dissolution, l'acide et l'oxigène de l'eau étaient attirés

par le pole positif, tandis que l'alcali et l'hydrogène se portaient vers le pole négatif. Aussitôt qu'il fut bien prouvé que la pile était susceptible d'analyser les corps composés, en attirant à chacun de ses poles un de leurs principes constituans, on dut supposer que la réciproque avait lieu, c'est-à-dire que deux corps, au moment de se combiner, devaient se trouver dans deux états électriques contraires; c'était un acheminement pour établir l'identité entre les forces chimiques et électriques.

Parmi les physiciens qui adoptèrent cette théorie, M. OErsted est un de ceux qui la défendirent avec le plus de chaleur. Dans plusieurs Mémoires qui parurent successivemet en 1799 et 1800, il s'appliqua à démontrer qu'il était possible de concevoir les phénomènes chimiques comme résultant de deux forces générales répandues dans tous les corps; il n'a pas eu besoin, pour cela, de supposer des forces arbitraires; il s'est servi de celles dont les effets nous sont rendus sensibles par des actions électriques. Ce savant a déduit, comme conséquences de sa théorie ou plutôt de son système, que les affinités chimiques, le calorique, la lumière et le magnétisme étaient dus à des actions électriques; ce sont même ces conséquences qui le conduisirent à trouver l'action d'un courant électrique sur un aimant; mais, quoique la plupart des découvertes faites depuis la publication des ouvrages de M. OErsted viennent à l'appui de sa manière de concevoir tous les phénomènes généraux de la nature, on doit regretter que son système ne soit pas encore appuyé de ces expériences concluantes qui portent la conviction dans tous les esprits.

M. Davy, qui avait les mêmes opinions que M. OErsted,

fit paraître une suite d'expériences importantes qui tendaient aussi à établir l'identité des forces chimiques et électriques : ces expériences le conduisirent aux belles découvertes qui attirèrent l'attention de toute l'Europe, et qui enrichirent la chimie de nouveaux métaux.

Après avoir prouvé, par une foule d'expériences ingénieuses, que, dans la décomposition de l'eau par la pile, l'énergie de l'électricité était telle, que les acides et les alcalis faisant partie intégrante des vases qui renfermaient le liquide, étaient attirés vers les poles, les acides vers le pole positif et les alcalis vers le pole négatif; ce grand chimiste dut prendre de grandes précautions pour examiner l'influence de la pile sur les corps composés : aussi fut-il obligé de mettre ses dissolutions dans des vases d'or ou d'agate.

M. Davy fit voir ensuite (1) que *les substances alcalines et acides, qui peuvent exister sous la forme sèche et solide, s'électrisent par leur contact avec les métaux; ainsi les acides oxaliques, succiniques, etc., etc., parfaitement secs, soit en poudre, soit en masse, posés sur une plaque de cuivre, prennent l'électricité positive et communiquent au métal l'électricité négative*; la chaux bien sèche, la strontiane, etc., *mises en contact avec des disques métalliques, se chargent d'une électricité positive.*

Le célèbre chimiste anglais trouva que *la potasse et la soude* (2), *à cause de la difficulté qu'il y a à les priver*

(1) *Annales de Chimie*, tome LXIII, page 230.

(2) *Idem*, page 231.

d'eau, ne donnaient en général aucun effet électrique par leur contact, mais qu'après les avoir soumises à une forte calcination, elles jouissaient momentanément de la faculté de devenir électriques par leur contact avec un métal. Il a essayé de déterminer, par le moyen d'instrumens très-délicats, l'état électrique (1) *d'une solution acide ou d'une solution alcaline simple isolée, après leur contact avec les métaux.* Les résultats électriques n'ont pas non plus été satisfaisans. Il dit aussi que, dans les simples cas de changement chimique (2), il ne se produit jamais d'électricité; il cite le fer, qui brûle dans le gaz oxigène et qui, mis en communication avec un électromètre condensateur, ne lui donne pas de charge pendant la combustion. Suivant M. Davy, *la potasse pure* (3) *dans l'état solide, et l'acide sulfurique avec lequel on la combine, dans un creuset de platine isolé, ne donnent aucune apparence d'électricité.* Il ajoute que, dans d'autres actions chimiques, le résultat a été le même; *que, dans le cas d'effervescence cependant, surtout lorsqu'elle est accompagnée de beaucoup de chaleur, les vaisseaux métalliques deviennent négatifs, mais que c'est là un phénomène qui tient à l'évaporation.* M. Davy conclut (4), de ses expériences, *que parmi les substances qui se combinent chimiquement, toutes celles dont les énergies électriques sont bien connues, manifestent des états électriques opposés; ainsi le cuivre et le zinc, l'or et le mer-*

---

(1) *Annales de Chimie*, tome LXIII, page 229.

(2) *Idem*, page 255.

(3) *Idem*, page 256.

(4) *Idem*, page 239.

cure, le soufre et les métaux, les substances acides et alcalines donnent des exemples conformes à ce principe. Enfin, il tire la conséquence qu'en supposant deux corps dont les molécules sont dans un état différent d'électricité, et que ces états soient assez exaltés pour leur donner une force attractive, supérieure au pouvoir de l'agrégation, il se formera une combinaison. Voilà la clef de la théorie électro-chimique.

M. Berzelius a ajouté des faits importans à ce système, et, dans son *Essai sur la théorie des Proportions chimiques et sur l'Influence chimique de l'électricité*, il a tâché d'expliquer tous les phénomènes chimiques, au moyen du jeu des forces électriques, en supposant aux atomes une certaine polarité et une différence d'intensité d'action dans leurs poles. M. Ampère a essayé aussi d'expliquer les actions chimiques en supposant que les molécules des corps avaient une électricité qui leur était propre : quand ces molécules sont à l'état de liberté, leur électricité décompose celle de l'espace, attire celle de nom contraire et repousse l'autre.

Je suis entré dans quelques détails afin de faire mieux connaître ce qui a été découvert pour établir l'identité entre les affinités chimiques et les forces électriques, et ce qu'il reste à trouver pour compléter les recherches des hommes célèbres que je viens de citer. Tous les faits qui tendront à éclairer cette théorie pourront intéresser la physique et la chimie.

Quoique M. Davy ait avancé que les substances qui se combinent ensemble sont celles qui manifestent des états électriques opposés par leur contact mutuel, on voit cependant, d'après ses propres expériences, que

c'est par induction qu'il a étendu cette propriété à tous les corps qui exercent des actions chimiques les uns sur les autres ; par exemple, il n'a pu la vérifier sur les substances alcalines et acides que lorsque celles-ci sont parfaitement sèches ; dans tous les autres cas, les résultats ont été nuls. Il cite entr'autres la potasse pure et l'acide sulfurique, qui ne donnent aucune apparence d'électricité au moment où on les combine. Effectivement, ce célèbre chimiste n'a pu reconnaître d'électricité dans le contact de deux substances qui vont se combiner ensemble ; car, en adoptant la théorie électro-chimique, aussitôt que la combinaison a lieu les deux électricités développées se recombinent et forment probablement, par leur réunion, du calorique : d'après cela, en se servant d'un condensateur pour recueillir une des électricités qui se dégagent, on doit trouver difficilement des traces de ce fluide, puisque le condensateur demandant un certain temps pour se charger, les deux électricités peuvent alors se recombiner ; mais si l'on emploie un galvanomètre multiplicateur, tel que celui de M. Schweigger, qui rend sensibles les électricités au moment même où elles se dégagent, et par conséquent, à l'instant où la combinaison va s'opérer, on obtiendra des courans plus ou moins forts suivant le degré de conductibilité des substances mises en action et celui de leurs affinités réciproques ; je dis suivant le degré de conductibilité, parce que, quand une de ces substances conduit mal l'électricité, le courant est nul, bien que l'action chimique soit très-forte. La conductibilité est donc ici une condition indispensable. D'après cet exposé, M. Davy, qui s'est toujours servi d'un électromètre condensateur, n'a

pu obtenir d'effets électriques là où l'action chimique commençait à avoir lieu.

Nous ferons observer que, dans les cas où le contact est suivi d'une action chimique, le courant électrique doit être moins fort que lorsqu'il y a une action électro-motrice simple; car, dans le premier cas, le courant n'est formé que de la réunion des deux électricités qui ne sont pas nécessaires à la combinaison, tandis que, dans l'autre, les deux fluides développés par l'action électro-motrice concourent à produire le courant.

Nous allons examiner successivement les effets électriques que nous avons reconnus dans diverses actions chimiques, à l'aide du multiplicateur; savoir : 1°. au moment de la combinaison des acides avec les métaux et les alcalis; 2°. dans les dissolutions; 3°. dans le contact des oxides métalliques avec les alcalis qui se combinent avec eux; 4°. dans les précipités. Quant aux doubles décompositions, il m'a été impossible de reconnaître la moindre trace d'électricité au moment où elles s'opèrent.

Effets électriques produits au moment de la combinaison des métaux et des alcalis avec les acides.

Nous avons vu précédemment que M. Davy n'avait reconnu des effets électriques dans le contact des acides et des alcalis que lorsque ceux-ci avaient été parfaitement desséchés. M. OErsted assure en avoir observé à l'instant où un acide va se combiner avec un métal.

Voici le moyen que j'emploie pour montrer les effets électriques dans ces sortes d'actions : je me sers d'un

galvanomètre dont le fil est en platine ; à l'une des extrémités de ce fil, je place une petite cuillère aussi en platine destinée à recevoir l'acide, qui est choisi de manière à ne pas attaquer le platine ; à l'autre bout du fil est adaptée une pince de même métal, et c'est entre ses branches que l'on place le corps qui doit agir sur l'acide. Dans le cas où le platine exerce une action électro-motrice sur ce corps, on place entre les deux un morceau de papier mouillé.

Commençons d'abord par faire voir quels sont les effets électriques qui résultent, à diverses températures, du contact d'un liquide ave le platine : à la température ordinaire, quel que soit ce liquide, pourvu que ce ne soit pas de l'acide nitro-muriatique, le courant électrique est nul ; mais, quand on élève la température, il se passe des phénomènes que nous allons tâcher d'expliquer. Mettons dans la cuillère de l'eau distillée, et portons la température à celle de l'ébullition, il n'y aura pas de courant non plus ; si l'on se sert d'eau de la Seine, le courant sera extrêmement faible, et l'on augmentera son intensité en y ajoutant un peu d'acide nitrique ou d'alcali : or, comme on sait que l'acide nitrique bouillant n'a pas plus d'action sur le platine que l'acide nitrique froid, il est donc probable que le courant est dû à la différence de température des deux bouts du fil. Nous avons déjà fait voir dans un précédent Mémoire que deux morceaux d'un même métal, dans un état suffisamment inégal de température, se constituaient par leur contact mutuel dans deux états électriques différens : d'après cela, les deux bouts du fil communiquant par l'intermédiaire d'une eau conductrice de l'électricité devront produire

un courant quand la cuillère aura été chauffée préalablement, puisque les effets électriques seront les mêmes que dans un arc composé de deux métaux, dont les deux extrémités plongent dans une eau acidulée ou renfermant un peu d'alcali.

Dans nos expériences, il faudra donc éviter les effets électriques qui résultent de cette différence de température : deux précautions pour cela sont indispensables : la première, de prendre une cuillère et une pince en platine suffisamment grandes pour que leur température ne soit pas sensiblement modifiée par celle qui résulte du changement d'état des corps qui se combinent : en employant de petites masses par rapport à la cuiller, cette précaution sera facile à remplir ; la seconde est de faire l'expérience de manière que le courant produit par l'action des deux corps qui vont se combiner soit dans un autre sens que celui qui résulte de la différence de température. La première précaution suffit toujours.

Maintenant fixons dans la pince de platine un morceau de potasse ou de soude caustique, en l'humectant légèrement d'eau; au moment où l'alcali touchera l'acide, il y aura un courant électrique énergique qui ira de l'acide à l'alcali en suivant le circuit. Ainsi, au moment du contact de ces deux corps, l'acide s'enveloppe d'une électricité positive, et l'alcali d'une atmosphère d'électricité négative. Le courant électrique est si fort qu'on peut l'observer sans galvanomètre; il suffit de présenter le fil conjonctif à une aiguille suspendue à un fil de cocon.

Pour observer les courans électriques qui résultent de l'action d'un acide sur un métal, on emploie le même

procédé; on évite seulement que le métal ne touche directement le platine; ce qui peut se faire au moyen d'une petite bande de papier.

Comme l'expérience se fait de la même manière, quels que soient l'acide et la base, et que les résultats sont semblables, je n'examinerai pas les courans électriques qui ont lieu lors de la formation des différens sels.

Effets électriques dans les dissolutions.

La force dissolvante, dit M. Berzelius, ne serait-elle pas due à une autre cause que celle qui produit les combinaisons? Ce célèbre chimiste ne le pense pas; mais on voit, dans son *Essai sur l'Influence chimique de l'Electricité*, qu'il est dans le doute à cet égard. Sans me permettre de discuter une question aussi importante, je me contenterai de rapporter les observations que j'ai faites pendant la dissolution des hydrates de potasse et de soude dans l'eau; ces observations tendent à prouver qu'il est extrêmement difficile d'obtenir des effets électriques dans ces sortes d'actions, surtout lorsque l'eau a été distillée, et que l'on a pris la précaution de dissoudre préalablement dedans un peu d'alcali pour la rendre conductrice de l'électricité. La dissolution dans l'eau ordinaire donne quelquefois des effets plus marqués; mais, en général, ces résultats sont incertains, et peuvent dépendre, comme nous allons le voir, de causes étrangères au phénomène. Ainsi, on peut presque assurer que, pendant la dissolution d'un corps dans l'eau, il ne se produit pas d'électricité. Peut-être en trouverait-on avec un instrument plus délicat que le galvanomètre multiplicateur.

En essayant si la dissolution des alcalis dans l'alcool ne donnerait pas naissance à des courans électriques, le hasard me fit prendre de l'alcool qui avait servi à alimenter une lampe; je fus fort étonné de voir que l'action électrique était assez marquée, et que l'alcool se comportait comme un acide. Je pensai que cet alcool renfermait sans doute un acide qui s'était formé pendant la combustion: effectivement, j'appris depuis qu'on avait découvert un acide semblable, mais qu'il s'en formait extrêmement peu pendant que l'alcool brûlait. Je conclus de là que lorsque l'eau contenue dans la cuillère de platine renfermerait quelques atomes d'acide, en plongeant dedans un morceau d'alcali fixé dans la pince, l'action de l'acide sur l'alcali serait alors assez forte pour faire naître un courant électrique appréciable par la déviation de l'aiguille, et que ce serait là un moyen de reconnaître la présence d'un acide dans l'eau. Effectivement, l'essai a été aussi satisfaisant que possible. Je pris de l'eau dans laquelle je mis une goutte d'acide nitrique; le papier de tournesol n'en paraissait pas sensiblement altéré; j'en remplis la cuillère de platine et je plongeai dedans l'alcali: le courant commença aussitôt en allant de l'eau à l'alcali, et son intensité dépendait de la quantité d'acide que j'avais mise.

Je dois faire remarquer que plus un acide a d'affinité pour un alcali, plus, toutes choses égales d'ailleurs, le courant électrique est sensible; ainsi, deux liquides renfermant la même quantité d'acides différens, celui qui aura l'acide dont l'affinité pour la base est la plus grande sera précisément celui qui donnera le courant électrique le plus fort.

L'eau légèrement alcalisée produit un effet inverse quand on plonge dedans la pince de platine humectée d'un acide.

Ces résultats nous prouvent que les plus petites parties acides ou alcalines peuvent avoir de l'influence sur les effets électriques que l'on observe dans diverses actions chimiques. On ne saurait donc trop prendre de précautions pour s'en garantir ; aussi ces expériences demandent-elles de grands soins et sont-elles délicates à faire, surtout quand les courans électriques sont très-faibles.

Courans électriques produits par le contact de quelques oxides métalliques avec les alcalis au moment de leur combinaison.

On sait que plusieurs oxides métalliques se dissolvent dans les alcalis, et qu'il y a même combinaison entr'eux; nous allons montrer qu'au moment où cette action a lieu il se manifeste un courant : versons dans la cuillère de platine une dissolution de potasse caustique, et fixons sur la pince de platine de l'oxide de zinc, de l'alumine ou de l'oxide de plomb nouvellement précipité d'une dissolution par la potasse; au moment où l'oxide touchera la dissolution, l'aiguille sera légèrement déviée de sa direction; mais on augmentera cette déviation en renouvelant convenablement le contact : le courant électrique qui la produit va de l'oxide à l'alcali, en parcourant le fil ; ainsi, dans ces sortes de combinaisons, les oxides se comportent donc comme des acides, et les alcalis s'entourent toujours d'une atmosphère d'élec-

tricité négative, comme dans leurs actions sur les acides.

La manière dont on fixe l'oxide sur la pince de platine n'est pas indifférente; on peut quelquefois se borner à l'appliquer sur une petite bande de papier que l'on pose sur cette pince; mais quand l'oxide est très-soluble, ce moyen ne suffit pas : il faut retarder autant que possible la dissolution pour que les deux électricités ne se recombinent pas instantanément : on y parvient en formant une vessie avec de la baudruche très-imbibée d'eau et mettant dedans l'oxide; il est bien visible alors que l'alcali, pour se combiner avec l'oxide ou bien celui-ci avec le premier, éprouvera une certaine résistance en traversant le diaphragme, résistance qui facilitera la production du courant électrique. On peut employer la baudruche avec avantage dans tous les cas où il s'agit de reconnaître les effets électriques qui ont lieu, pendant le contact d'une substance soluble, avec une autre dissoute dans un liquide. C'est M. Dumas qui m'a suggéré l'idée de me servir de baudruche; avant j'employais du papier.

Le courant électrique qui se manifeste à l'instant où les oxides et la potasse vont se combiner est bien moins fort que dans l'action d'un acide sur un alcali; néanmoins il est assez sensible pour que l'on puisse constater le sens dans lequel il se dirige, surtout si l'on a la précaution de n'employer que des oxides nouvellement précipités. Si on eût employé la soude et l'ammoniaque au lieu de la potasse, le courant aurait été dirigé dans le même sens.

Des Effets électriques produits dans les précipités qui ne proviennent pas d'une double décomposition.

Il est nécessaire de prendre certaines précautions pour rendre sensibles les effets électriques qui ont lieu au moment où les précipités vont s'opérer. Il faut éviter que la précipitation soit instantanée, car le courant serait alors insensible. Par exemple, en mettant une dissolution neutre de baryte dans la cuillère et plongeant dedans la pince légèrement humectée d'acide sulfurique, l'aiguille aimantée éprouve une légère déviation. Cette faiblesse d'action tient à ce que les deux électricités se recombinent par l'intermédiaire des deux liquides sans passer par le fil qui forme le circuit du galvanomètre; mais si l'on conserve l'un des corps à l'état solide et qu'on le place dans la pince, on pourra renouveler fréquemment le contact avec celui qui est liquide jusqu'au moment de sa dissolution complète. On peut même, pour retarder la dissolution, renfermer le corps solide dans la petite vessie de baudruche : j'ajouterai que cette précaution est indispensable quand l'action est très-prompte.

En faisant agir le sulfate de fer sur une infusion de noix de galle, il se développe un courant qui va de l'infusion au sulfate.

Dans l'action du sulfate de fer sur le prussiate de potasse, le courant électrique va du premier au second.

Dans ces dernières expériences, je me suis servi de sels acides; prenons actuellement des sels parfaitement neutres, par exemple, du sulfate de magnésie; faisons-en une dissolution et mettons-la en contact avec de la

potasse caustique, que nous renfermerons dans la vessie de baudruche; l'aiguille sera légèrement déviée de sa direction, et le courant ira du sulfate à l'alcali, c'est-à-dire que le sulfate s'enveloppera d'électricité positive. En faisant agir du nitrate de baryte sur l'acide sulfurique, le courant ira de l'acide au nitrate.

Dans les précipités qui résultent d'une double décomposition, comme celui qui a lieu quand on traite le sulfate de soude parfaitement neutre, par le nitrate de baryte également neutre, il m'a été impossible de reconnaître la moindre apparence de courant. Il paraît qu'il y a seulement échange de base, sans que de nouvelles forces électriques soient mises en jeu.

En résumant ce que je viens d'exposer dans ce Mémoire, on voit que lorsque deux corps sont sur le point de se combiner, ils se trouvent dans deux états électriques différens, excepté dans les cas où il résulte de leur action une dissolution simple ou bien une double décomposition.

Je n'ai fait ici qu'esquisser un travail sur les effets électriques qui se produisent au moment où commencent les actions chimiques; dans un prochain Mémoire j'examinerai plus en détail ces phénomènes, qui tendent à prouver que, lorsqu'on met en contact un corps solide et un autre à l'état liquide qui n'exercent pas l'un sur l'autre d'actions chimiques capables de donner naissance à de nouveaux composés, il n'en résulte pas de développement d'électricité. Je décrirai aussi le galvanomètre qui m'a servi à faire toutes les expériences que je viens de rapporter.

NOUVEAUX *Résultats électro-chimiques.*

PAR M. BECQUEREL.

(Communiqués à l'Académie royale des Sciences le 14 juillet 1823.)

Nous avons déjà fait voir que, dans un fil métallique, lorsque ses deux extrémités n'avaient pas la même température ou bien qu'elles plongeaient inégalement dans un acide susceptible d'attaquer le métal, le fil devenait un élément de la pile voltaïque, c'est-à-dire que ses deux bouts se trouvaient dans deux états électriques contraires. Le dernier phénomène peut être analysé de manière à montrer sous un nouveau jour l'influence de l'électricité dans les actions chimiques. Pour cela, formons un appareil à l'aide duquel on puisse exercer des actions différentes à chaque bout d'un fil métallique, soit avec des acides quelconques ou bien avec des alcalis; par ce moyen, on fera donc agir en même temps deux acides différens ou un acide et un alcali sur un même corps; on pourra voir du moins, par la production des effets électriques, comment l'acide et l'alcali se comporteront dans ces sortes d'actions : nous savons déjà ce qui arrive quand on combine un acide avec un alcali; nous allons montrer maintenant de quelle manière l'un et l'autre vont agir sur un même corps. Prenons une lame de platine, et plaçons dessus deux tubes de verre dans une position verticale; mastiquons le pied de ces tubes pour que les liquides que nous y verserons n'en sortent pas. D'après cette disposition, ces liquides communiqueront

par l'intermédiaire de la lame de platine. Versons dans ces tubes deux liquides quelconques ; s'ils sont susceptibles d'exercer des actions chimiques sur les deux bouts du fil du galvanomètre que l'on plonge dedans, il s'établira naturellement un courant électrique, puisque la lame de platine permet à l'électricité de circuler d'un liquide à l'autre. Supposons que l'un de ces liquides soit de l'acide nitrique pur et l'autre de l'acide nitrique étendu d'eau : en plongeant dans chaque tube un bout du fil de cuivre du galvanomètre, l'expérience prouve que le courant électrique va de l'acide le plus fort à l'autre ; et quand bien même le fil n'aurait que quelques points de contact avec l'acide le plus fort, le courant suit toujours la même direction.

Maintenant substituons à l'un de ces acides de l'ammoniaque, qui dissout l'oxide de cuivre ; au moment de l'immersion des deux fils, le courant ira de l'acide à l'alcali, et continuera dans le même sens quand bien même l'acide serait étendu d'eau.

Ces deux lois laissent entrevoir la possibilité d'en trouver d'autres dans les actions électriques qui résultent de combinaisons chimiques du même genre, si l'on se sert du mode d'opérer que nous venons d'indiquer. En attendant que le temps m'ait permis de donner plus d'extension à un travail de cette nature, j'ai pris la liberté de soumettre à l'Académie des résultats qui fourniront de nouvelles données à la théorie électro chimique.

(Le Mémoire sur le Développement de l'électricité par le contact de deux portions d'un même métal dans un état suffisamment inégal de température, qui a été imprimé dans le dernier Numéro des *Annales de Chimie*, avait été communiqué, dans les premiers jours de mai, au Bureau des Longitudes).

SUR *le Gissement du granite dans la vallée de Fiemme.*

Par MM. ALEXANDRE DE HUMBOLDT et LÉOPOLD DE BUCH.

1°. *Lettre de M.* de Humboldt *à M.* Brochant de Villiers, *membre de l'Institut, datée de Vérone le* 8 *octobre* 1822. (*Extrait.*)

JE profite de quelques momens de loisir pour remplir la promesse que je vous ai faite, de vous donner des notions précises sur les phénomènes granitiques du Tyrol méridional, dont l'imagination des géognostes a été si vivement occupée depuis plusieurs années. Comme j'ai voyagé souvent de nuit, j'ai pu gagner assez de temps pour voir les points les plus intéressans et pour recueillir des échantillons qui rappellent la superposition des roches. J'ai passé une journée très-intéressante à Bex, chez M. de Charpentier : j'ai revu cette mine de sel gemme et de gypse anhydre du terrain de transition, gissement si différent des argiles muriatifères que l'on trouve dans le grand dépôt de sel gemme propre au zechstein et au *red marl* (au-dessus du grès houiller). M. de Charpentier m'a montré de belles ammonites et des rognons de silex que renferment les couches inférieures du calcaire noir intermédiaire. Il est peu probable que l'on puisse séparer les couches supérieures comme appartenant au terrain tertiaire. Tout paraît former une même masse plus récente

que les roches de la Tarantaise que vous avez si bien fait connaître, mais appartenant également au terrain de transition. M. de Charpentier possède des belemnites trouvés dans un calcaire grenu entre l'Enclove de Montjovet et le chalet de la Lanchette, sur le revers occidental du Col de Seigne. Après avoir passé le Simplon, j'ai visité pendant deux jours les calcaires salins primitifs de Candoglia, et les granites de transition de Baveno, liés aux porphyres d'Arona. On peut suivre ces porphyres plus à l'ouest, vers le lac d'Orta. De Vérone je me suis rendu par Vicenza et le Monte Berico à Padoue et à Bataglia, pour revoir les monts Euganéens. J'ai examiné les perlites de Monte-Nuovo en chassant des bancs d'obsidienne, les trachytes de Monte Ortone, et de la Rocca de Monte Selice. Le soulèvement de ce dernier cône fait voir le trachyte appuyé contre les couches du calcaire jurassique. D'Abano je me suis rendu par Pergine, Trento et Neumarkt dans la vallée de Fiemme à Cavalese et à Predazzo; mais j'ai eu seulement le loisir de voir deux points rendus célèbres par l'intéressant Mémoire du comte Marzari Pencati, le pont de Boscampo et la cascade des Canzocoli. Je suis monté sur le premier plateau au-dessus de la cascade, et j'ai vu le granite venant de l'est s'appuyer sur le calcaire des *Canzocoli di quà dentro.* Ce granite est stratifié et diversement incliné par groupes. Souvent les couches sont arquées. Il fait un peu d'effervescence au contact avec le calcaire. Sur la limite des deux roches, le calcaire grenu devient siliceux et mêlé de masses grises-noirâtres. J'ai dessiné ces phénomènes et j'ai recueilli des échantillons, en marquant sur le dessin les couches superposées dont les échantillons faisaient partie.

Retournant à Vérone par la route directe de Roveredo, le hasard le plus heureux m'a fait rencontrer notre commun ami M. Léopold de Buch, qui, peu de jours avant moi, avait visité pour la seconde fois les vallées de Fassa et de Fiemme. Il a quitté Berlin depuis cinq mois, et, sans cesse occupé de l'immense travail d'une carte géognostique de l'Allemagne et des provinces limitrophes, il parcourt en ce moment le Tyrol et le nord de l'Italie. Comment vous parler de mes observations, lorsque je puis vous communiquer les résultats qu'a obtenus ce grand géognoste, qui examine chaque vallon, chaque montagne, qui marque les limites de toutes les formations sur les cartes, et qui sait enchaîner ce qui d'abord ne paraissait que des faits isolés. M. de Buch a trouvé exact ce que j'avais dessiné aux Canzocoli; mais il pense que la roche de la cascade est une masse calcaire détachée, dont la position, sous le granite, ne prouverait pas évidemment la postériorité du granite. Avec une patience et un courage dignes de lui, il s'est élevé à plus de 1400 pieds de hauteur le long de cet escarpement presque taillé à pic, poursuivant toujours la limite du granite et du calcaire. Vous verrez dans l'esquisse ci-jointe comment un autre bloc calcaire se trouve tout entouré de granite. Ce n'est que vers le sommet, là où l'escarpement ne permet pas de s'élever davantage, que M. de Buch a vu reposer immédiatement et sur une longueur très-considérable, le calcaire sur le granite. Ce ne sont pas des masses que l'on pourrait soupçonner détachées; c'est la roche calcaire même qui couvre le granite. Vous voyez donc (je continue toujours à vous transmettre les faits

observés par M. de Buch dans le Tyrol méridional), vous voyez donc qu'il n'est pas question ici, comme on l'a prétendu trop souvent, de couches horizontales, continues, et d'une superposition uniforme comme dans les syenites à zircons et dans les calcaires à orthoceratites de Norwège; le phénomène du Tyrol est un phénomène de soulèvement. Le granite s'est fait jour; il y a d'abord *apposition* et puis *superposition* du calcaire sur le granite. Il serait difficile de révoquer en doute que le granite n'ait pas agi sur le calcaire, qu'il ne l'ait pas rendu grenu, comme font de véritables roches volcaniques. Ce calcaire, dépourvu de mica, si inégalement grenu, grisâtre et siliceux au contact avec le granite, ne ressemble guère au calcaire primitif des schistes micacés. Je pense que c'est un calcaire compacte (alpin ou peut-être jurassique) devenu grenu; mais M. de Buch, qui a aussi énoncé cette idée dès son premier voyage à Predazzo, croit, après un mûr examen des faits, que l'identité de ce calcaire devenu grenu avec le calcaire du Jura n'est pas entièrement évident. Il lui a paru plutôt que, sinon le grès rouge superposé à un porphyre quartzeux, du moins les roches qui recouvrent le grès rouge, c'est-à-dire, le calcaire alpin avec coquilles et la dolomie, s'élèvent, entre Predazzo et Ziano, au-dessus du calcaire des Canzocoli. J'espère que M. de Buch se déterminera enfin à enrichir la géognosie de sa description du Tyrol, ouvrage qui pourra répandre beaucoup de jour sur la constitution des Alpes de la Suisse. Le Tyrol fait voir deux formations qui restent cachées plus à l'ouest, le porphyre et le grès rouge; il paraît que ce que l'on découvre dans la vallée de Fiemme n'est qu'une petite partie de

ce que l'on peut observer ailleurs (entre Mittenwald et Brixen et à Cimadasta) sur les granites à petits grains, dans lesquels on a voulu voir une formation de syenite lorsqu'il y a quelques cristaux d'amphibole mêlés au mica. Aussi a-t-on eu tort de confondre le granite, qui perce le micaschiste (Mittenwald) de manière que les couches du micaschiste se relèvent de tout côté vers le granite, avec la roche pyroxenique (Saysser Alp) dont la proximité convertit le calcaire alpin en dolomie grenue. Le porphyre quartzeux, celui qui précède le grès rouge, repose le plus souvent immédiatement sur le micaschiste, tandis que la roche pyroxenique semble sortir du sein de ces porphyres, soulever les couches calcaires superposées au grès rouge et les convertir en dolomies.

2°. *Lettre de M.* de Buch *à M.* Brochant-de-Villiers, *datée de Vérone le* 10 *octobre* 1822. (*Extrait.*)

Dans le petit dessin que je vous envoie, j'ai désigné par des points la route que j'ai suivie en m'élevant jusqu'à 1400 pieds de hauteur au-dessus du village de Predazzo. C'est là qu'on se trouve au-dessous d'un mur de calcaire grenu, et tellement grenu, que les grains ont quelquefois la grandeur de la main. Ce mur empêche de monter jusqu'à la cime, ou même de la tourner. La ligne de séparation du granite et du marbre descend rapidement dans un vallon étroit; elle se perd sous des décombres calcaires au pied de la montagne. Les couches calcaires des Canzocoli sont entièrement détachées, et il serait impossible de les ramener à la grande masse calcaire. J'ai marqué dans le dessin par un signe en forme de croix un gros roc très-

escarpé de marbre, qu'on dirait s'élever au milieu du granite, si on ne voyait pas, avec la plus grande évidence, qu'il est tombé du haut. Il en sera donc de même des Canzocoli, et on pourrait assez facilement assigner la place que ce petit monticule a occupée jadis. Elle se trouverait peu au-dessous du point où le mot granite est écrit dans le dessin. Des formations qui originairement n'étaient contiguës que par *apposition* ont pris, par un affaissement subit, une position inverse, de sorte que le granite paraît placé sur le calcaire. Les couches calcaires coquillères et celles du grès rouge s'observent encore bien distinctement dans le Val Bonella. On ne peut pas les poursuivre à travers la forêt; mais on croit les voir passer au-dessus du calcaire grenu. Il est sûr que la dolomie forme la plus grande hauteur de la montagne. Les observations prouvent donc que dans le haut le calcaire grenu recouvre immédiatement le granite, sur une longueur bien plus considérable et d'une manière bien plus précise que la superposition du granite sur le calcaire grenu dans le bas. Ce dernier phénomène ne me paraît qu'un accident local, un immense bloc renversé, dont la position ne peut surprendre au pied de montagnes nues et escarpées.

Expériences *à une haute pression avec quelques substances.*

Par M. le Baron Cagnard de La Tour.

Un de mes tubes de verre, dans lequel j'avais mis de l'eau et un peu de sulfure de carbone, m'a présenté les résultats suivans en le soumettant à l'action de la chaleur :

L'eau est devenue d'abord un peu laiteuse ; bientôt elle a repris sa transparence, mais avec une légère teinte verdâtre qui s'est ensuite foncée presque jusqu'au noir à mesure que la température est devenue plus forte. Pendant cette expérience, le sulfure de carbone est devenu plus léger que l'eau, au-dessus de laquelle il a surnagé assez long-temps avant de se réduire complètement en vapeur.

A mesure qu'on a laissé refroidir le tube, la couleur verte a disparu en s'affaiblissant de plus en plus, et les deux liquides ont repris leur premier état, si ce n'est que l'eau a conservé une teinte jaunâtre, mais qui s'est beaucoup éclaircie en agitant le tube.

J'ai exposé de nouveau le tube à l'action de la chaleur, avec l'intention de la pousser assez loin pour réduire toute l'eau en vapeur ; mais, peu de momens après que sa couleur était devenue d'un vert presque noir, le tube s'est rompu.

Un autre tube, dans lequel j'avais introduit quelques cristaux de chlorate de potasse avec les mêmes liquides

que précédemment, m'a présenté des faits particuliers que je vais indiquer.

Les premiers effets de la chaleur ont été d'opérer la dissolution du chlorate de potasse dans l'eau. Ayant laissé refroidir le tube immédiatement après cette dissolution, l'eau est devenue laiteuse, et le sulfure de carbone qui nageait au-dessus est retombé au fond avec le sel qui s'était cristallisé par le refroidissement. Ayant exposé ensuite le tube à une chaleur plus forte, il est arrivé un moment où la liqueur est devenue tout-à coup d'un beau jaune citron, et en même temps il s'est manifesté dans la liqueur une effervescence qui bientôt a été suivie de la formation d'un globule d'apparence huileuse qui, après le refroidissement du tube, a conservé sa liquidité et s'est précipité au fond de la liqueur, mais sans la formation d'aucuns cristaux comme auparavant.

Ayant soumis enfin ce tube à une chaleur encore plus forte qu'auparavant, la liqueur jaunâtre a disparu, et sa destruction a été suivie de la formation subite d'un très-petit globule de soufre liquide qui, lorsqu'on élevait beaucoup la température du tube, prenait la couleur et la transparence d'un rubis, mais qui, par le refoidissement, a repris la consistance et l'apparence ordinaire du soufre. On n'apercevait plus aucune trace du sulfure de carbone dans le tube; et cependant, à un certain degré de chaleur, l'eau prenait une teinte bleue.

L'eau était tout-à-fait incolore et parfaitement transparente; mais, à un certain degré de chaleur, elle prenait une couleur bleue qui disparaissait ensuite par le refroidissement.

Cette coloration ne s'est plus manifestée dans un autre tube où j'avais mis une proportion plus grande de chlorate de potasse, pour que la décomposition du sulfure de carbone devînt plus complète.

Il s'est formé parfois dans ces tubes de petits cristaux en aiguilles qui se groupaient par cinq ou six autour d'un point central ; quelquefois même presque toute la masse s'est cristallisée ; mais je n'ai obtenu qu'une seule fois cet effet, qui ne s'est plus reproduit. En cassant le tube, il se fait une très-forte explosion, et la liqueur s'enfuit comme celle de bouteilles d'eau gazeuzes. Cette eau est d'une acidité très-forte.

Il est remarquable que l'eau n'ait point altéré la transparence du verre dans ces expériences, tandis que, étant seule, elle produit cet effet très-promptement.

Sur *les Sources chaudes de l'île de Ceylan.*

(D'après les observations faites dans cette île par le Dr John Davy)

Il y a, dans l'île de Ceylan, plusieurs sources chaudes. Celles de *Cannea*, près de Trinquemalle, sont situées dans un sol bas et quartzeux. Les habitans les ont entourées d'un mur de briques de 6 pieds de hauteur; l'enceinte a 36 pieds de long sur 16 de large. M. John Davy les visita le 19 octobre 1817, à sept heures du matin. L'air était alors à +25°,0 centig.

Dans la source n° 1, le thermomètre marquait +38°,5;
n° 2........................ +38°,6;
n° 3 (plus abondante que les deux précédentes)...... +41°,6;
n° 4........................ +41°,0.

L'eau de quelques sources plus petites était à une température moins élevée.

Les puits d'où sortait cette eau avaient de 2 à 5 pieds de diamètre et environ 3 pieds de profondeur. On voyait au fond du sable quartzeux et du gravier; aucune incrustation ne s'y faisait remarquer : l'eau était parfaitement limpide. Trois heures après la première observation, la température de l'air *s'était élevée* à +26°,7; tandis que l'eau de la source n° 3 s'était *abaissée* à +39°,5, et celle de la source n° 4 à.............. +38°,9.

M. Davy ne doute point que des puits aussi rapprochés ne soient alimentés par une source unique; il attribuerait alors les différences de température que présentent leurs eaux à l'inégale vitesse avec laquelle elles s'écoulent. Ne trouverait-on pas, dans une cause analogue, l'explication naturelle des variations de température observées sur les sources n° 3 et n° 4, durant l'expérience du 19 octobre 1817? Il paraît évident, en effet, que si la source n° 3 sourdait avec plus d'abondance à sept heures qu'à dix heures, l'eau du puits dans lequel elle se répandait d'abord dut, nonobstant l'augmentation de chaleur atmosphérique qui eut lieu dans l'intervalle, être plus chaude à la première qu'à la seconde de ces époques. En adoptant cette explication, on substituerait une intermittence dans la quantité de liquide à une intermittence dans sa température.

L'eau de tous les puits avait une pesanteur spécifique exactement égale à celle de l'eau distillée ; elle n'avait ni mauvais goût ni odeur : les réactifs chimiques n'y accusèrent aucune substance étrangère, si ce n'est une trace de muriate de soude et une très-petite quantité de gaz acide carbonique et d'azote.

Un courant de bulles gazeuses sortait, de temps à autre, de la source n° 3. Dans la source n° 4, le dégagement était abondant et continuel ; il provenait de quelques crevasses visibles au fond du puits.

Le gaz de cette dernière source était de l'*azote presque pur ;* à peine y trouvait-on de très-petites quantités d'acide carbonique et d'air commun.

M. Davy a appris qu'il existe, dans l'intérieur de l'île, non loin de Batticaloa, des sources de même espèce, mais beaucoup plus chaudes, dont les habitans se servent pour faire cuire leurs alimens, et où l'on remarque aussi un abondant dégagement de gaz. Les pesanteurs spécifiques de l'eau de deux de ces sources étaient 10011 et 10005, l'eau distillée correspondant à 10000 ; l'analyse n'y fit découvrir qu'une trace de sel commun et un peu d'acide carbonique et de matière végétale : M. Davy soupçonne même que ces deux dernières substances provenaient de l'action de l'eau sur le bouchon de liége de la bouteille où le liquide avait été renfermé par la personne qui le lui apporta.

Le fait, découvert par M. John Davy, de l'existence d'un dégagement abondant d'azote dans une source thermale d'eau presque pure, est trop curieux pour ne pas fixer l'attention des chimistes et des géologues.

Sur des *Eaux chaudes de la Cordillère de Venezuela.*

Par MM[rs] J.-B. Boussingault et Mariano de Rivero.

On connaît, dans la chaîne primitive de la côte, trois points d'où sortent des sources thermales : deux de ces sources, celles de Mariara et d'Onoto, forment des ruisseaux appartenant au système de rivières intérieures qui affluent au lac de Taricagua (1); l'autre, nommée de *las Trincheras*, est située près de Puerto Cabello, et se rend à la mer : les circonstances politiques nous ont empêché d'examiner cette dernière.

Sources d'Onoto.

En remontant la rivière de *Maracay*, qui coule dans la vallée d'Onoto, on arrive à la jonction de deux ruisseaux, *el Rio Corasol* et *el Rio de Aguas Calientes*. Au point où cette jonction a lieu, la vallée, qui se dirigeait du nord au sud, tourne vers l'est, en suivant le cours du ruisseau des Aguas Calientes. Elle se rétrécit et se transforme en un ravin sur le côté sud duquel on trouve les eaux chaudes. La roche d'où elles sourdent avec abondance est le gneiss : avec un peu d'attention, on reconnaît que ces eaux sortent de bas en haut, du fond d'un petit réservoir. Leur température n'est que de 44°,5[cent.]

(1) Tacarigua? C'est le lac que les habitans des vallées d'Aragua appellent *Laguna de Valencia*.

L'eau d'Onoto n'a aucune odeur d'hydrogène sulfuré; elle est sans saveur; elle ne précipite ni par le nitrate d'argent ni par aucun réactif; évaporée, elle a laissé un résidu inappréciable qui consistait en un peu de silice et une trace d'alcali.

On voit s'élever par intermittences, du fond de chaque réservoir, une foule de bulles. Nous avons examiné le gaz qui les forme; il possède les propriétés suivantes :

Ce gaz est sans odeur et n'est pas absorbé par l'eau; il éteint les corps en combustion; introduit dans un tube gradué avec de la potasse caustique, il n'a pas diminué de volume; on peut donc le considérer comme de l'azote.

La hauteur à laquelle sortent les eaux d'Onoto est de 702 mètres au-dessus du niveau de la mer (1).

Sources de Mariara.

Les sources des eaux thermales de Mariara sont à quelques milles au nord-est du village de ce nom. Dans le bassin inférieur nommé *los Baños*, nous avons trouvé pour la température de l'eau 44° centig. Les eaux les plus chaudes sont dans un petit ruisseau qui reçoit l'excédant d'un bassin dont la température n'est que de 34°. A quelques mètres au-dessous de ce bassin, le thermomètre centigr. marque 56 à 57°. En le mettant à l'abri du courant d'eau tiède, on peut le faire monter jusqu'à 64° (2).

---

(1) Le baromètre y marquait............ 0m.705.20;
Thermomètre du baromètre............. =29.9;
Thermomètre à l'air libre................. =29.8.

(2) Lors du voyage de M. de Humboldt, les eaux les plus chaudes de Mariara, sortant de la roche granitique,

L'eau de Mariara a une très-faible odeur d'hydrogène sulfuré. Une pièce d'argent que nous plaçâmes dans le ruisseau y noircit légèrement. Cette eau, refroidie, n'a plus aucune odeur hépatique; elle est sans saveur; elle précipite par le nitrate d'argent, et le précipité est redissous par l'acide nitrique; l'ammoniaque, le nitrate de baryte et l'oxalate d'ammoniaque la troublent légèrement. Par l'évaporation, elle laisse un léger résidu, dans lequel nous avons trouvé de la silice, de l'acide carbonique, de l'acide sulfurique, de la soude, de la magnésie et de la chaux. La silice est la substance dominante : aussi remarque-t-on des concrétions siliceuses sur les pierres qui se trouvent dans le ruisseau.

Comme les eaux d'Onoto, celles de Mariara sourdent au milieu du gneiss, et dégagent du gaz azote.

La hauteur (au-dessus du niveau de la mer) des sources de Mariara est de 476 mètres (1).

---

n'avaient que la température de 59°,2 : c'était cependant aussi au commencement du mois de février. Le grand tremblement de terre du 26 mars 1812, qui a ruiné la ville de Caracas, aurait-il influé sur la température des sources ?

(*Note des Rédacteurs.*)

(1) Mariara est situé près de Cura, dont la hauteur, au-dessus du niveau de la mer, est, selon M. de Humboldt, de 441 m. (*Relat. hist.*, t. II, p. 83-88.)

Aux sources, nous avons trouvé :

Bar.	= 723,0 mm;
T. du bar.	= 28°,5;
T. à l'air libre.	= 28°,3.

Je suppose la hauteur du baromètre au bord de la mer, à 10m,6 d'élévation, 762mm,71 (th. 27°,1) ou à 758mm,99, à la

D'après M. de Humboldt (1), les eaux chaudes de Las Trincheras sont très-chargées d'acide hydrosulfurique; elles contiennent plus de sels que celles de Mariara, et possèdent une température de 90°,4. Nous ignorons la hauteur à laquelle sortent ces eaux; mais si, comme il est probable, elles sont moins élevées que celles de Mariara, les sources thermales de la Cordillère présenteront ce

---

température de 0 ou de 760mm,17 au niveau même de la mer. Les + 0,17 sont la différence du barom. n° 1 avec celui de Paris.

(*Note de M. Boussingault.*)

(1) Ce voyageur n'indique pas la hauteur des sources chaudes de Las Trincheras (*Relat. hist.*, t. II, p. 98); mais la position géographique de ce lieu et le cours du *Rio de aguas calientes*, qui débouche près de Portocabello, rendent probable que le niveau des sources les plus chaudes est inférieur à celui des sources de Mariara et d'Onoto. M. Boussingault, dans une lettre adressée à M. de Humboldt, rappelle « que si l'intérieur de la terre conserve une tempé» rature très-élevée, comme plusieurs observations parais» sent le rendre probable, l'infiltration des eaux pluviales » peut être la cause générale des eaux chaudes qui se mon» trent à la surface du globe, et que l'on conçoit, d'après » cette hypothèse physique, pourquoi les eaux qui sortent » à de moindres hauteurs sont à la fois plus chaudes et plus » riches en substances salines. » Un illustre géomètre a déjà émis une explication des eaux thermales fondée sur le même principe de la haute température de l'intérieur de notre planète. (Laplace, *Mécanique céleste*, t. V, p. 19, et *Annales de Chimie et de Physique*.)

(*Note des Rédacteurs.*)

fait remarquable, que les eaux qui sourdent à la moindre élévation sont les plus chargées d'hydrogène sulfuré; qu'elles contiennent plus de sels en même temps et qu'elles sont aussi les plus chaudes; tandis que les eaux qui sourdent à une plus grande élévation sont les plus pures et les moins chaudes.

Maracay (république de Colombia), le 11 février 1823.

LETTRE *de M.* Léopold de Buch *à M.* A. de Humboldt, *renfermant le* TABLEAU GÉOLOGIQUE DE LA PARTIE MÉRIDIONALE DU TYROL.

Vous venez de parcourir une partie de la vallée de Fiemme, sur la pente méridionale des Alpes du Tyrol. Ce voyage vous a rappelé le Mémoire que j'ai publié dans un journal d'Inspruck (le *Messager du Tyrol* (1)), sur les dolomies et leur gisement extraordinaire. Je n'hésite pas de soumettre ce travail à vos lumières; mais j'ai cru devoir y ajouter l'esquisse d'une carte géologique et quelques profils de ces montagnes, que je regarde comme plus importantes et plus instructives pour l'étude de la géologie que la plupart des autres montagnes de l'Europe. La carte et les profils des Alpes du Tyrol méridional exigent des éclaircissemens sans lesquels

---

(1) *Tyroler Bothe, vom* 26[ten] *Julius* 1822. Nous donnerons, dans le Cahier prochain, une traduction de ce travail géologique, qui n'est point connu en France.

on pourrait taxer de légèreté les conclusions que j'ai cru devoir tirer de mes observations. Cette lettre a été rédigée à la hâte. Vous la lirez (j'ose m'en flatter) avec cette indulgence que l'on ne refuse pas même aux hypothèses physiques, lorsqu'elles sont fondées sur un certain nombre de faits bien avérés.

Porphyre pyroxénique.

J'ai compris sous ce nom générique toutes les masses noires de la vallée de Fassa et des environs, qui s'interposent et dérangent les couches de grès rouge et de pierre calcaire, par conséquent toutes les amygdaloïdes, les tufs et même les vrais basaltes, qui sont cependant assez rares dans ces montagnes. Je pense que toute cette formation mériterait d'être séparée, comme formation intermédiaire et sous une dénomination convenable, d'un côté, des basaltes proprement dits; de l'autre, des porphyres rouges quarzifères. A Fassa, on ne croit pas se trouver entre des montagnes basaltiques; on le croit bien moins encore à *Oberstein*, à *Kirn* ou dans les montagnes de *Glasgow* en *Ecosse*. On parle de porphyre dans ces derniers endroits, quoique ni le gisement ni la composition de ces roches ne rappellent en aucune manière le porphyre rouge à base de feldspath et à cristaux de quarz. Les caractères distinctifs de la formation que je décris sont la présence du pyroxène, qui vraisemblablement donne la teinte noire à toutes ces roches problématiques, puis le manque de quarz et la fréquence des cristaux de feldspath disséminés dans la masse.

Ce n'est donc pas un porphyre à base de pyroxène, comme

assez souvent on serait tenté de le croire, et comme on pourrait avec plus de raison nommer les roches qui composent la vraie formation basaltique; le pyroxène n'est pas même prépondérant dans les masses où il est le plus visible. Réfléchissant que, hors le feldspath et le pyroxène, les autres substances s'y trouvent en trop petite quantité pour influer sensiblement sur la pesanteur spécifique, j'ai tâché de déterminer la composition de beaucoup de ces roches par la formule d'alliage :

$$C = \frac{m\,P + n\,F}{m + n};$$

par conséquent la quantité de feldspath serait, la pesanteur spécifique du composé étant donnée,

$$n = \frac{m\,(P - C)}{C - F}.$$

Des cristaux d'adulaire bien purs m'ont donné, pour pesanteur spécifique normale du feldspath, à la température de 17° cent., 2.558; des cristaux parfaits de pyroxène de Bufaure et de la Grande-Canarie donnent 3.238. Or, il y a très-peu de masses des plus noires dans les montagnes de Fassa, dont la pesanteur spécifique s'élève au-delà de 2.750. Elles contiennent par conséquent encore trois fois plus de feldspath que de pyroxène : j'en excepte les seuls basaltes du *Buflatsch*, dont la pesanteur spécifique est 3.202. La roche noire de *Kirn* en Palatinat, dont on a quelquefois fait un basalte, ne donne que 2.752 pour la pesanteur spécifique; celle de *Martinskirchen*, dans laquelle le pyroxène est très-visible, 2.754. Il en est de même des porphyres

pyroxéniques de l'Ecosse et de ceux des îles *Furöar*, connus par les recherches et les belles collections du comte de Vargas. Les basaltes d'Allemagne donnent en général une pesanteur spécifique plus grande que celle du pyroxène ; ce qui est dû au fer magnétique et titané qui s'y trouve mêlé. Ce n'est que lorsque la pesanteur de ces masses approche ou surpasse celle des pyroxènes qu'on y trouve l'olivine. Cette substance est exclue de la composition des porphyres pyroxéniques ; et c'est là encore un caractère distinctif de cette formation qui dépend vraisemblablement de la présence du feldspath. L'olivine ne devient fréquente dans les roches que lorsque le feldspath disparaît, parce qu'il se forme, à ce que l'on peut supposer, des élémens du feldspath même. Il est utile de remarquer ici que la substance qu'on a nommée jusqu'ici olivine dans la vallée de Fassa n'a pas encore été soumise à l'examen rigoureux du minéralogiste.

Les preuves de l'élévation de ces porphyres de l'intérieur sont assez nombreuses et très-variées dans les environs de la vallée de Fassa. J'en citerai quelques-unes des plus frappantes et des plus faciles à vérifier. Cette roche ne se trouve jamais *en gisement concordant* avec aucune autre roche. On ne peut pas même dire précisément qu'elle leur soit superposée. Souvent on le croirait ; mais des recherches faites avec soin prouvent que ce n'est qu'une illusion. La fig. 2 représente ce qu'on voit à *Fontanaz*, entre *Vigo* et *Campedello*. Du fond de la vallée on découvre très-bien et les couches de grès et les couches calcaires qui lui sont superposées. La crête du penchant fait apercevoir une grosse couche pyroxénique dont la couleur noire contraste singulièrement avec le

blanc éclatant de la dolomie au-dessous. De gros blocs de cette roche noire, tombés d'en haut, sont entassés au pied de la montagne. Leur superposition paraît ici de la plus grande évidence, d'autant plus que toutes les couches plongent vers l'intérieur de la montagne. Mais à peine est-on arrivé au plateau de la vallée latérale du *Duron*, nommé *il piano del Duron*, qu'on voit avec la même évidence que ce que l'on aurait dit hors de toute contestation n'est qu'une apparence trompeuse. La roche pyroxénique descend jusqu'au fond de la vallée sans qu'aucune autre couche passe au-dessous. C'est par une apparence semblable que les géologues se laissent séduire souvent à voir des superpositions évidentes, là où elles n'existent pas. Telles sont les superpositions des trachytes des Monts Euganéens, sur des couches calcaires analogues à la craie. Je les crois toujours de simples *appositions* dues à l'élévation des trachytes : c'est le résultat de plusieurs observations que j'ai faites dans ces montagnes, et je vois avec plaisir que M. le comte da Rio est de la même opinion. (*Societ. italian.*, t. XV, p. 13.)

Quelle idée pourrait-on se former de la position de la roche pyroxénique dans le vallon du *Cipit* si on ne la croyait élevée du fond et poussée avec violence dans la dolomie, qui l'entoure ! Le vallon du *Cipit* est une vraie crevasse qui sépare le plateau de l'*Alpe de Seiss* des rochers escarpés et totalement inaccessibles de *Schlern*. On descend dans cette gorge profonde sur des amygdaloïdes et des porphyres pyroxéniques compactes. Arrivé vers le fond, on voit que ces mêmes masses entrent dans la dolomie, qui forme le côté opposé, tel à-peu-près

que le profil 6 le représente. Presqu'entièrement entouré de la dolomie, excepté dans le fond, ce n'est plus une couche, ni un filon, ni une roche en place au-dessous de cette dolomie, ni encore un changement d'une roche dans une autre occasioné par quelque cause extraordinaire; car les parois où les deux roches se touchent se trouvent dans le plus grand désordre, tel qu'on peut l'attendre en supposant la masse pyroxénique élevée et poussée avec force dans la roche qui l'entoure. De grosses pièces de l'une et de l'autre roche se trouvent mêlées ensemble, et de petites couches de tuf de quelques pieds de longueur s'interposent entre ces masses dans les directions et les inclinaisons les plus variées.

C'est parmi ces tufs et ces blocs qu'on trouve les belles cristallisations d'apophyllite, qui ornent les cabinets de l'Europe. Dans le bas, éloigné des dolomies, il n'y a plus ni tufs, ni blocs, ni masses amygdaloïdes et spongieuses. La roche pyroxénique y devient de plus en plus compacte et solide.

Le *Cipit* nous découvre, à ce qu'il me semble, comment on doit se représenter la continuation, vers l'intérieur, des porphyres pyroxéniques qui séparent, dans presque toute la longueur de la vallée de Fassa et partout ailleurs, les dolomies des couches calcaires inférieures. Il est probable que le porphyre s'élève partout en masses irrégulières assez avant dans l'intérieur des pyramides, des pics et des colosses de dolomie; on ne sera par conséquent pas surpris de les voir percer, par-ci par-là, ces mêmes dolomies, et quelquefois à des hauteurs très-considérables. La figure 1 en donne un exemple bien remarquable et frappant. Quand, depuis la mon-

tagne du *Monzon*, on se tourne vers le passage de *Campagnazzo*, on arrive bientôt au pied des montagnes de dolomie; pendant le passage même, on n'observe pas d'autre roche. Mais ayant presque atteint la plus grande hauteur, élevée de plus de 1200 toises au-dessus de la mer, on aperçoit tout-à-coup, à gauche et à une hauteur encore bien plus considérable, un rocher tout noir, enclavé dans les masses blanches, nues et escarpées de la dolomie. Ce rocher, d'une largeur considérable, s'enfonce dans la dolomie en forme de cône, qui s'élargit rapidement. Les blocs, qui en sont détachés et entraînés par les eaux, forment depuis ce rocher une bande noire bien visible et bien singulière sur les débris très-blancs de la roche principale. C'est encore le même porphyre pyroxénique à cristaux de feldspath; et certes, on n'y pourra pas voir une couche superposée à la dolomie, ni un filon ordinaire, mais bien une partie de ces masses pyroxéniques renfermée dans l'intérieur des montagnes de dolomie. La masse noire qui perce ici jusqu'au jour s'élève à 8200 pieds au-dessus du niveau des mers.

Passant de la vallée de la *Gredina* (*Grödner-Thal*) dans celle du *Gader*, qui débouche dans le *Pusterthal*, on y rencontre deux rochers non moins remarquables que le précédent, et d'un accès beaucoup moins pénible. Après avoir traversé des couches calcaires noires, compactes, depuis le *Piano de la Gredina*, on trouve au haut du passage, pour la première fois dans cette partie du Tyrol, des couches de grauwacke et de schiste argileux; ces couches s'enfoncent bientôt; la dolomie des montagnes à gauche descend jusqu'au fond de la vallée,

et le chemin, jusqu'à *Colfosco*, ne traverse plus d'autre roche. Tout-à-coup on voit s'élever, encore à gauche du chemin, un rocher noir séparé de la dolomie, qui n'y forme point une couche, et qui évidemment s'enfonce dans l'intérieur; c'est une roche pyroxénique spongieuse, amygdaloïde. Elle pousse, pour ainsi dire, deux bras en l'air, et ces bras soutiennent une masse très-considérable (de plus de vingt pieds de longueur) composée de couches minces de grauwacke, de pierre calcaire noire et de schiste argileux. Ces couches sont identiques avec celles que l'on a vues au haut du passage et au *Zisserberg*, dans le passage de *Colfosco* à la *Pieve de Buchenstein*; mais sur le chemin de *Colfosco* il n'y en a plus, et tout ce qui entoure ce singulier rocher n'est que de la dolomie blanche et grenue. C'est donc de l'intérieur que la roche pyroxénique aura enlevé ces couches de grauwacke et de schiste : elle les aura fait monter en se faisant jour elle-même à travers la dolomie. Plus bas peut-être, une demi-heure avant d'arriver à *Colfosco*, un autre rocher se présente, à gauche et non loin du chemin. Il n'est pas séparé, mais tellement enclavé dans la dolomie, qu'on voit celle-ci très-décidément passer au-dessus et l'entourer de tout côté, excepté vers le bas. La masse entière de porphyre pyroxénique paraît même être séparée en deux masses particulières qui originairement n'en formaient qu'une seule, et qui n'ont pas eu la force de percer plus avant dans la dolomie. M. *de Pfaundler*, dans une description de cette route, insérée dans le *Journal du baron de Moll*, avait également été frappé de ce rocher; et déjà, dans ce temps, il y a près de vingt ans, il avait invité les naturalistes à y porter une attention particulière. (*Voy.* fig. 3 et 4.)

Le phénomène, tel que la fig. 5 le représente, n'est pas rare dans les environs de la vallée de Fassa. Une grande portion des couches de dolomie se voit entièrement séparée de la masse totale, entourée et enveloppée de la roche pyroxénique. C'est ainsi qu'on l'observe au-dessous de l'endroit nommé *Sotto i Sassi*, et connu des minéralogistes par les belles stilbites rouges qui s'y trouvent. Vous voyez que cela ressemble assez à ces portions de couches de grès enveloppées par les dolerites, que MM. *Hutton* et sir *James Hall* ont découvertes au *Salisbury Craig*, près d'*Edinburgh*, et à celles qu'on trouve dans les dolerites du château de *Sterling*, dont M. *Mac Culloch* a donné la description et le dessin. Ces savans y ont vu avec raison une preuve du soulèvement des roches de dolerite, soulèvement par lequel des couches qui se trouvaient sur le passage ont été brisées, entraînées et enveloppées. L'autorité des géologues que je viens de nommer donne un nouveau poids aux preuves tirées des faits, que les porphyres pyroxéniques de Fassa doivent leur position actuelle à un véritable soulèvement.

Mais observons bien que ce n'est pas du soulèvement particulier d'un rocher dont il s'agit, mais du soulèvement de toute la masse de montagnes, par conséquent du pays entier. En effet, les couches de grès rouge et de pierre calcaire coquillère se trouvent dans une position si abrupte et en même temps à des hauteurs si différentes, qu'on chercherait en vain à ramener toutes ces portions séparées à un niveau général, ou même à une inclinaison générale, depuis leur élévation de plus de 1200 toises au-dessus de *Saint-Pellegrin*, jusqu'à celle de 150 toises au-dessus de *Caltern* et de *Tramin*. Mais partout où ces

grès et ces couches calcaires présentent des escarpemens si considérables, elles sont couronnées de dolomie, et alors on ne sera plus en peine de découvrir quelque part la roche pyroxénique qui les élève. Il paraît donc assez naturel de croire que toutes ces couches ont été élevées par le porphyre pyroxénique, comme la dolomie elle-même, d'autant plus qu'on ne conçoit guère comment le porphyre aurait pu les percer sans les élever. Or, la preuve de ce *percement* a été donnée dans le profil géologique du *Duron*, fig. 2; et lorsque des masses ont été soulevées avec violence, on conçoit aisément une grande variété de niveau et d'escarpement. En réfléchissant sur les effets de ces soulèvemens, on sera moins surpris de rencontrer des pétrifications d'anomies dans les grès et dans les couches calcaires, à 8000 pieds de hauteur près du *Sasso di Val Fredda*. Ces mêmes pétrifications, qui se retrouvent à 5400 pieds au-dessus du passage de la *Caressa*, à 3800 pieds au-dessus de *Seiss*, à 2600 pieds au-dessus de *Saint-Paul* et de *Caltern*, au pied de la *Mendola*, étaient peut-être, avant la catastrophe du soulèvement, placées beaucoup plus bas que le niveau des mers.

Une objection assez forte contre le soulèvement de ces couches pourrait être tirée du phénomène constant de leur inclinaison vers l'intérieur de la montagne, par conséquent vers le noyau pyroxénique : ce qui paraît contraire à la supposition d'un soulèvement. On s'attendrait plutôt à les voir s'incliner du côté opposé; mais, dans ce cas, on supposerait à ces portions de couches arrachées et soulevées assez de force de résistance pour pouvoir se refuser au soulèvement d'un des bouts, tandis

que l'autre extrémité est élevée là où la force agit avec plus d'énergie; supposition qui ne serait pas proportionnée aux effets. Une force qui élève des montagnes, des provinces entières, surpasserait toujours, même dans ses modifications, la force qu'une extrémité de couche pourrait opposer à son soulèvement, pour qu'il en résultât une inclinaison depuis la masse soulevante vers l'extérieur. Ou la masse entière des couches sera soulevée, ou elle sera brisée, et la portion non enlevée sera laissée en place, comme l'expérience le démontre. Les couches devraient donc se trouver dans une position horizontale ou à-peu-près, quel que soit leur niveau. Je ne tâcherai pas de donner une raison suffisante de leur inclinaison singulière, persuadé qu'elle se trouvera tôt ou tard dans quelque observation non encore faite. Je hasarderai pourtant de faire observer qu'il est possible que la dilatation des masses pyroxéniques ait été très-considérable lors de leur soulèvement, et que leur contraction lente et progressive peut avoir forcé les couches voisines (celles qui étaient en contact immédiat avec les porphyres pyroxéniques) de suivre le vide qui se formait peu à peu, et de s'incliner vers ce côté, c'est-à-dire, vers l'intérieur des montagnes.

Le soulèvement du porphyre pyroxénique est postérieur à la formation des grès rouges et des couches calcaires; mais ces grès sont essentiellement liés à la formation du porphyre rouge, et on ne peut guère les en séparer. Il s'ensuit que le porphyre pyroxénique doit avoir percé le porphyre rouge de même que le grès. Pour l'avoir percé, il a dû avoir élevé ce porphyre même; car, il faut le répéter ici, dans mon hypothèse, ce

n'est pas un rocher isolé de porphyre pyroxénique, c'est la surface entière d'une province qui se fait jour : or, je vous prie de jeter un coup-d'œil sur la carte géologique que je vous envoie. Ne semble-t-il pas que le parallélisme frappant des hauteurs du Val de Fassa avec les crevasses par lesquelles descendent l'*Eysack* et l'*Avisio*, et avec la chaîne de montagnes de porphyre rouge entre *Cima d'Asta* et l'*Avisio*, est une preuve de ce soulèvement par des roches pyroxéniques? Cette dernière chaîne, qui se termine entre *Pergine* et *Roncegno*, ou, plus exactement, entre *Val Fiorozzo* et *Val Larganzola*, se soutient à une hauteur si considérable et si constante, que le passage même de *Calamenta* entre *Cavalese* et le *Val Sugana* n'a pu être trouvé qu'à 6297 pieds au-dessus de la mer. Je ne doute donc point que toute cette belle coupole, que composent les montagnes de porphyre entre *Meran* et *Clausen*, ne doive son élévation aux pyroxènes, qui, pour percer entièrement, ont trouvé moins de résistance vers la vallée de Fassa. Les crevasses du *Sarenthal* et de l'*Eysack*, entre *Collman* et *Botzen*, seront la suite naturelle de ces soulèvemens en voûtes bombées d'une masse originairement horizontale. Une voûte, étendue sur un grand espace, doit se briser et former des fissures escarpées et profondes, telles que nous les voyons dans toutes les vallées du Tyrol, au-dessus de *Botzen*.

D'après ces considérations, je n'aurais pas été surpris de voir quelque part, dans l'intérieur de ces vallées, des porphyres pyroxéniques au-dessous du porphyre rouge. Je les ai même cherchés dans toute l'étendue de ce dernier, mais presque partout sans succès. Même à la mon-

tagne de *Teiss*, au-dessus de *Clausen*, où la roche de pyroxène forme une élévation très-considérable tout à côté du porphyre rouge, on ne voit rien qui puisse déterminer exactement leur relation de gisement. Le porphyre pyroxénique amygdaloïde descend jusqu'au fond de la vallée, sans que le porphyre rouge le couvre ou en soit couvert. Le schiste micacé l'entoure vers l'ouest et vers le nord. La séparation de ces deux roches se fait, d'un côté, par un agglomérat de boules noires à couches concentriques, de l'autre par un schiste très-siliceux et tellement fendillé, que les rochers semblent être plutôt composés d'un agglomérat de pièces aiguës de schiste que de schiste micacé même. Si donc la montagne de *Theiss* ne fournit pas de preuves suffisantes pour démontrer la superposition du porphyre rouge sur la roche pyroxénique, du moins elle peut être citée comme preuve que cette roche s'élève d'au-dessous du schiste micacé même, et le rejette de côté. J'ai été plus heureux en descendant la vallée de l'*Avisio*. En effet, étant constamment descendu sur des porphyres quarzifères jusqu'à *Cembra*, à quelques lieues au-dessus de l'embouchure de cette vallée, j'ai reconnu, au-dessous de cet endroit et à côté d'une espèce de plaine, une masse très-considérable de la formation pyroxénique, dont la couleur noire contraste singulièrement avec le rouge du porphyre quarzifère dominant, et qui en est très-décidément séparé. L'extérieur, ou l'écorce, pour ainsi dire, de ces masses noires consiste comme à l'ordinaire en boules à couches concentriques, avec un noyau solide, liées par une espèce de tuf qui est composé de petites pièces peu cohérentes de la masse entière. La pesanteur spécifique de cette roche s'élève

à 2,8; elle est grise-noirâtre, sans éclat; elle ne contient point de quarz, très-peu de cristaux de feldspath rouge, et quelques pyroxènes assez distincts. C'est donc évidemment un rocher, dont la masse appartient à la formation du porphyre pyroxénique : son aspect démontre clairement qu'il se trouve enclavé dans le porphyre rouge, excepté vers le bas, où il se lie probablement à une masse de même nature qui s'étend *au-dessous de toutes les montagnes des Alpes.*

Il y a déjà bien des années que je ne doute pas que toute la chaîne des Alpes, du moins celle des Alpes calcaires, ne doive son élévation à la formation pyroxénique; et il me semble qu'on ne peut se refuser à cette supposition lorsqu'on a étudié avec soin la partie méridionale du Tyrol. Cette formation pyroxénique brise les couches qui s'opposent à sa sortie. Elle forme comme un immense filon dont la direction est celle de la chaîne des montagnes. Elle perce ou soulève d'abord les porphyres rouges, puis le grès, puis les couches calcaires, qui sont changées, contournées et redressées par cette force, de la manière la plus variée et la plus bizarre. On ne se douterait pas de ces causes dans la plus grande partie des Alpes calcaires de la Suisse; mais on les reconnaît en jetant un regard sur la carte, et en étudiant la constitution de la montagne de la Mendola, vis-à-vis de *Botzen*. On y voit un modèle de toute la chaîne calcaire des Alpes. La roche pyroxénique elle-même, cachée dans l'intérieur, ne paraît pas; mais le porphyre rouge forme à l'extrémité septentrionale de cette montagne escarpée, vers *Tisens* et vers *Meran*, des collines assez élevées et assez larges. Le grès rouge succède au porphyre rouge et s'étend sur un espace considérable. Le haut

est formé d'un mur inaccessible de dolomie, de près de mille pieds de hauteur. La bande de porphyre suit vers le bas ; mais bientôt elle se perd et s'enfonce à *Caltern*. Elle ne reparaît en collines peu étendues, près de *Curtatsch*, que pour nous rappeler qu'elle existe encore au-dessous de la surface du terrain. Le grès rouge descend à son tour, et près de *Margreid* il s'est totalement perdu sous le sol. Le mur de dolomie descend alors jusqu'au fond de la vallée. Si on n'avait eu occasion d'observer que la seule montagne de *Gazza*, continuation de celle de la Mendola, qui se serait douté que son pied repose sur le grès rouge, que ce grès rouge repose sur le porphyre quarzifère ? Qui aurait pu croire que cette montagne de *Gazza* doit son élévation et la nature même de sa roche à un porphyre pyroxénique qui est resté caché et qui a soulevé à la fois le porphyre quarzifère et le grès rouge ? On se trouve dans une situation absolument semblable dans la partie occidentale des Alpes. L'effet du soulèvement s'observe dans la forme et dans le dérangement des montagnes calcaires ; mais tout ce qui peut être regardé comme la cause de ces phénomènes, le grès rouge, le porphyre quarzifère et le porphyre pyroxénique y restent cachés : or, cette même chaîne des Alpes, dans sa partie orientale, peut être comparée à l'extrémité de la Mendola. Là, le grès rouge paraît peu à peu, puis le porphyre quarzifère. Le premier forme de grandes et hautes montagnes au-dessous des Alpes calcaires, entre *Kufstein* et *Reichenhall*, le long de la montagne du *Kaisersberg* ; le porphyre se voit au *Feizberg*, près de *Bergen*, dans les environs de *Reichenhall*. Ces porphyres sont si peu cachés dans la chaîne du Sud, en *Carinthie* et en *Car-*

niole, que je les ai souvent découverts en les cherchant au bas des grands colosses de dolomie et de calcaires, tels que le *Terglou* ou le *Manhartsberg*, près de *Weissenstadt*, qui, par leur forme élancée, décèlent la cause même qui les a soulevés. C'est ainsi qu'on retrouve les couches de grès rouge, et souvent le porphyre même, tout le long d'une chaîne très-escarpée de dolomie, qui commence au-dessous de *Sillian*, dans le *Pusterthal*, entre les vallées de la *Drau* et de *Cartätsch*, et, après s'être prolongée presque sans interruption entre la vallée de la *Drau* et le *Gailthal*, se termine brusquement au-dessus de *Villach*, par la célèbre montagne du *Bleiberg*. Tout ce que le Tyrol nous apprend sur la formation des Alpes calcaires et des dolomies s'applique très-naturellement et d'une manière très-satisfaisante aux Alpes calcaires de la *Carinthie*, de la *Styrie*, du pays de *Salzbourg* et de l'*Innthal*. Il sera, par conséquent, permis de l'appliquer aux montagnes d'*Appenzell*, de *Glaris*, de *Berne* ou de la *Savoie*. C'est par ces mêmes raisons que je regarde le *Tyrol* comme la clef de la théorie des Alpes, clef sans laquelle la constitution réelle de ces montagnes ne se conçoit que très-imparfaitement.

Grès rouge.

Depuis que j'ai vu des poudingues dans les îles basaltiques (Madère, Santa-Cruz de Ténériffe, la Grande-Canarie) à la formation desquelles l'eau n'a eu certainement aucune part; depuis que j'ai reconnu que la plupart des montagnes basaltiques se sont élevées de l'intérieur de la terre en forme de buttes ou de filons entourés d'agglomérats de leur propre masse, mêlées

avec les débris des couches qu'elles traversènt (agglomérats qui, par conséquent, doivent leur origine au frottement des basaltes contre les parois au moment du soulèvement); depuis que j'ai pu appliquer cette observation aux tufs et aux agglomérats qui accompagnent et entourent les montagnes de trachyte, je n'ai plus douté qu'il n'en fût de même des grès de différentes formations. Les grains qui les composent sont plutôt arrachés par le froissement de leur propre masse que brisés par le mouvement des vagues d'une mer supposée voisine. J'incline à croire que le grès rouge (Rothes Todte Liegende des minéralogistes de Thuringe), qui accompagne toujours les porphyres, est une production de ces porphyres mêmes. Il prouve la violence avec laquelle les différentes masses se sont heurtées en s'élevant de l'intérieur vers la surface de la terre. Les eaux s'emparent de ces grains incohérens et les étendent en couches sur le fonds même qu'elles recouvrent. La formation du grès rouge est tellement contemporaine à celle des porphyres, que d'excellens géologues ont considéré le porphyre comme une roche subordonnée à ce grès. Cette liaison du grès rouge et des porphyres est surtout très-frappante dans le Tyrol, où des observateurs expérimentés nomment le grès rouge l'*indicateur du porphyre*, parce que celui-ci se trouve immédiatement au-dessous du grès chaque fois que la nature du sol permet de pousser les recherches vers la profondeur. Ce fait est très-important; je crois même qu'on peut le généraliser. Je ne connais pas d'observation exacte qui prouve que le grès rouge alterne *en couches* avec des masses de porphyre. Les couches de grès rouge qui reposent immédiatement sur le

porphyre ne contiennent jamais aucun reste de corps organisé; mais, à mesure qu'on s'approche des dépôts les plus récens, on trouve des substances végétales, même de véritable charbon de terre. Dans le voisinage des bancs calcaires qui couvrent les grès, ceux-ci enveloppent des restes de coquilles absolument semblables aux prétrifications qu'on retrouve dans les couches calcaires. Il est presque inutile de citer des exemples pour prouver des faits si communs : on peut les vérifier sur chaque côte escarpée, partout où l'on s'élève du porphyre jusqu'aux couches calcaires. Je nommerai simplement le grand chemin de *Seiss* à l'*Alpe de Seiss*; la descente de la *Caressa* vers *Vigo*, dans la vallée de Fassa; la descente de la *Mendola* vers *Saint-Paul*. Les charbons se trouvent à *Haflingen*, au-dessus de *Meran*, et entre *Montan* et *Lugan*, au-dessus de *Neumarckt*.

Vous voyez donc que l'élévation du porphyre rouge est *antérieure* à la formation secondaire, parce que cette formation tire son origine des débris du porphyre, tandis que l'élévation du porphyre pyroxénique est *postérieure* aux formations secondaires parce qu'il en perce les différens bancs. Il s'ensuit que toute la formation secondaire n'existerait pas sans le porphyre rouge : c'est encore cette roche qui aura formé, par le frottement et les secousses qui accompagnaient son soulèvement, le terrain de charbon de terre proprement dit. La différence des couches de houille avec celles du grès rouge ne consiste qu'en ce que ces dernières sont composées de matières sorties de l'intérieur de la terre, tandis que les couches des montagnes de houille se composent de matières arrachées à la surface et aux éminences voisines. Ces circonstances expliquent pourquoi

on ne voit guère de charbon de terre au-dessous du grès rouge, ni ce dernier au-dessous des couches de grès qui accompagnent les houilles. Les deux formations doivent se trouver l'une à côté de l'autre sans se confondre, parce qu'elles arrivent par des routes opposées.

Les grandes montagnes de grès rouge de la *Hardt*, à l'extrémité des Vosges, sont si près des couches de houille de *Saint-Ingbert*, près de *Sarrebruck*, qu'on croirait impossible que l'une de ces formations ne soit superposée à l'autre. Malgré ce voisinage, on n'a pas encore réussi à poursuivre une seule couche de houille jusqu'au-dessous du grès rouge. Elles sont coupées et se perdent entièrement avant d'atteindre le grès. Le même phénomène s'observe à *Ardrossan*, dans le comté de *Renfrew* en Ecosse. Si le grès rouge est une des formations les plus étendues sur le globe, il faut croire que le porphyre, dont il tire son origine, l'est encore plus, quoiqu'il paraisse rarement au-dessous des couches qui le recouvrent.

Permettez-moi d'ajouter encore quelques observations sur certains agglomérats ou grès qui sont assez fréquens dans les montagnes de porphyre du Tyrol, et que l'on pourrait très-facilement confondre avec les vraies couches de grès rouges, dont ils diffèrent géologiquement. Ces agglomérats se trouvent au milieu du porphyre et en sont presqu'entièrement entourés. Ils ne sont absolument composés que des fragmens mêmes du porphyre. Jamais je n'ai réussi à découvrir aucune autre substance parmi des milliers de fragmens. Ces derniers sont de grandeur très-variée et mêlés sans aucun ordre. Ceux de la grosseur d'une tête se trouvent enclavés entre d'autres

de la grandeur d'un grain de sable. Mais ce qui donne surtout à ces poudingues un aspect très-caractéristique et distinctif, c'est que les pièces, quoiqu'arrondies vers les bords, n'ont jamais la forme de véritables galets : aussi n'observe-t-on jamais dans cette roche aucune disposition régulière par couches superposées.

Dans les grès, au contraire, les grandes pièces affectent presque constamment une forme plus ou moins ellipsoïde, dont les grands diamètres sont parallèles ou à-peu-près parallèles au plan des couches, tel que la pesanteur les aurait placés. Vous vous rappelez que Dolomieu, Werner et Saussure ont beaucoup insisté sur cette dernière observation, comme une des plus importantes pour la théorie de la formation des couches de poudingues. Le parallélisme, que l'on remarque de très-loin, donne aux grès un aspect de structure schisteuse qui manque absolument aux poudingues dans l'intérieur des porphyres. Ces poudingues ne se présentent qu'en masses irrégulières, qui formen souvent des rochers isolés. Ils mériteraient d'être mieux étudiées qu'on ne l'a fait jusqu'ici. On les rencontre en descendant des montagnes, un peu au-dessous de *Collman*, vis-à-vis l'embouchure du torrent de *Seiss*, où elles s'élèvent en rochers de près de 200 pieds de hauteur. On les retrouve à *Botzen*, où toute la ville en est entourée. Le torrent de *Talfer* sort entre des rochers qui, des deux côtés jusqu'à une hauteur très-considérable, ne sont formés que de masses de poudingues. Passé *Brandsol*, on en voit descendre qui atteignent le fond de la vallée d'*Auer*, de manière que les falaises qui entourent le village de ce nom ne se composent pas de porphyre, mais de poudingues. Enfin, on les

retrouve en masses très-considérables au-dessous de superbes rochers de porphyre, en descendant de *Cavalese* vers l'*Avisio*. Je ferai observer que ces agglomérats occupent toujours le fond des vallées, et que je n'en ai pas observé au haut et vers la cime des montagnes. Qui ne les croirait formés par le frottement des substances dans l'intérieur de la terre sans le moindre concours des eaux ?

Changement de la pierre calcaire coquillière en dolomie.

Comment se fait-il que la magnésie puisse percer, traverser, changer la nature de couches calcaires qui ont plusieurs milliers de pieds de hauteur, pour en former une roche uniforme dans toute son étendue ? C'est une question que je me suis proposée dans toutes mes courses aux environs de la vallée de *Fassa*, sans en trouver la solution. La pierre calcaire ne contient point de magnésie. M. Léopold Gmelin a fait l'analyse de celle de *Vigo*, dans la vallée de *Fassa*, et n'y a point trouvé cette terre. Elle arrive donc d'un autre côté, et il est assez naturel de croire que c'est le pyroxène qui la fournit, puisque la magnésie est une des parties constituantes de cette substance.

Je crois avoir découvert, aux environs de *Trento*, la marche de la nature dans cette opération, et cette marche m'a paru si évidente qu'au moment de l'observation même j'ai senti la satisfaction la plus vive que j'aie jamais éprouvée dans mes courses à travers les Alpes. Quand on se trouve à *Trento*, vis-à-vis de l'enfoncement

dans lequel le *Val Sugana* prend naissance, on est frappé de la forme extraordinaire de deux montagnes isolées, qui s'y présentent l'une derrière l'autre. La première, en cône arrondi et pointu, ressemble à un volcan; elle porte à sa cime une petite chapelle d'où elle tire son nom de *Dosso di Santa-Agatha*; la seconde, plus élevée et d'une forme non moins élancée, se nomme la montagne de la *Celva*. A leur pied est placé, d'un côté, le village de *Pante*, de l'autre celui d'*Oltre Castello*. En s'approchant du cône de *Santa-Agatha*, on voit qu'une grande partie du penchant vers la ville ne forme qu'un éboulement d'une blancheur éclatante. Des ouvriers y sont ordinairement occupés à tamiser la masse dont la montagne se compose, et à la séparer en sables de différentes grosseurs; opération qui doit paraître assez singulière sur le penchant d'une montagne calcaire à couches presque verticales. Veut-on examiner la nature de cette pierre calcaire, jamais on n'y réussit; les pièces se brisent constamment selon la direction des fissures qui les traversent en tout sens. De gros quartiers, réduits en petits morceaux de la grosseur d'une noix, ne font pas apercevoir la moindre apparence d'une cassure fraîche. On est réellement surpris jusqu'à quel point cette montagne est crevassée et fendillée. On l'est plus encore en examinant la surface de ces fissures. Partout on les voit couvertes de petits rhomboèdres, qui tantôt présentent leurs faces, tantôt leurs bords et leurs angles. Quand les fissures sont plus visibles et plus larges, les rhomboèdres le deviennent aussi davantage; et si deux fissures de cette nature se croisent, on voit les rhomboèdres se combiner et former une petite masse de vraie dolomie

avec tous les caractères de cette substance, tels que les colosses de *Fassa* les présentent.

On conçoit facilement qu'une montagne déchirée et fendillée, comme nous venons de l'indiquer, doit perdre toute apparence de couches; on conçoit que des milliers de routes sont ouvertes à la magnésie pour pouvoir s'introduire et se combiner avec la pierre calcaire; on conçoit que peu à peu toute la masse doit se changer en rhomboèdres; on conçoit même pourquoi ces rhomboèdres ne se touchent que sur peu de points. Leur formation doit s'arrêter dès que la masse calcaire leur manque; et c'est ainsi que des couches compactes, remplies de coquilles, peuvent se changer en une masse uniforme, blanche, grenue et saccharoïde, sans vestiges de corps organisés et sans séparation horizontale quelconque. Un reste de couleur rouge que l'on découvre sur plusieurs des morceaux, à *Santa-Agatha*, fait présumer que la pierre qui a été transformée en dolomie est la même pierre calcaire rouge à ammonites, divisée en couches très-minces, qui forme la plus grande partie des penchans de la vallée de *Trento*. On s'en assure en tournant la montagne par *Pante*, vers *Oltre Castello*. On y voit ces couches en dalles immenses sans aucune altération, et formant le revers de la montagne de *Santa-Agatha*. Ces couches se dirigent du nord-ouest au sud-est et traversent toute la montagne, de manière que je suis persuadé qu'avec un peu de peine on pourrait en trouver qui, à leur extrémité nord-ouest, présenteraient tous les caractères de la formation calcaire inférieure, tandis que l'extrémité opposée serait dans cet état de décomposition, qui pré-

cède vraisemblablement la formation de la dolomie. Cette observation se répète à-peu-près avec les mêmes circonstances sur la grande route de *Cevizzano* à *Trento*, en sortant du premier de ces endroits. Les masses pyroxéniques, qui sont la cause d'un changement si extraordinaire, ne sont pas fort éloignées. On les voit au pied de la colline de *Santa-Agatha*; elles traversent la gorge de la *Fersina*, et se retrouvent sur la grande route dans le village de *Cognola* même. Ce sont des boules noires à couches concentriques et à noyau solide, tel qu'elles forment généralement l'extérieur de masses compactes, soit de porphyre pyroxénique, soit de basalte. Des roches analogues se retrouvent encore plusieurs fois dans les environs de *Mella* et *Gardolo*. La cime de la montagne de Gardolo et celle de *S.-Marcello*, qui en forme la continuation et se prolonge en chaîne très-élevée jusqu'à *Vigolo*, sont composées d'une dolomie des plus saccharoïdes et des plus brillantes, parsemée de vides et de trous, qui sont tapissés de petits rhomboèdres. Ces mêmes dolomies forment aussi l'immense montagne de la *Scanupia*, au-dessus de *Caliano*; puis elles descendent, et on les retrouve tout le long de la vallée de *Lagarina* jusqu'à la *Chiusa*. Plusieurs couches calcaires rouges, non transformées en dolomie, forment le haut : plus loin se rencontrent les oolithes et d'autres dépôts caractéristiques de la formation du Jura, formation dont se composent et le *Monte Baldo* et les montagnes des *Sette Commune*. Les dolomies s'enfoncent vers la *Chiusa*, au-dessous de la surface de la vallée; les oolithes les suivent, et pour la première fois on les retrouve dans le bas, dans la gorge même de la *Chiusa*. Les couches du côté gauche,

qui jusqu'alors s'étaient inclinées vers l'est, tournent peu à peu et affectent dans le défilé une inclinaison vers le sud. Elles continuent ce mouvement vers *Rivoli*, où elles se trouvent avoir entièrement la direction et l'inclinaison de celles du *Monte Baldo*. Elles forment donc, pour ainsi dire, de toute la vallée de la *Lagarina*, une espèce de chaudière allongée dont les dolomies composent la bande inférieure. C'est là que se terminent les montagnes et vraisemblablement aussi les effets du porphyre pyroxénique.

Insprück, le 10 novembre 1822.

J'ajouterai encore quelques mots aux observations sur les dolomies que je vous ai adressées à Vérone. La forme des montagnes qui sont composées de cette roche, dans la partie méridionale du Tyrol, est si extraordinaire et si frappante que j'ai engagé M. Schweighofer, habile peintre d'Insprück, d'en dessiner une des plus remarquables. Le dessin dont je vous offre une copie (1) présente tout ce qui distingue et caractérise particulièrement les montagnes de dolomie. On conçoit à peine comment un tel rocher peut se soutenir sur pied; son élévation depuis sa base est à-peu-près de 4000 pieds. Il est tout-à-fait inaccessible, et même les chamois les plus exercés y trouveraient à peine une herbe à brouter. On y distingue des crevasses verticales, quelquefois très-profondes. Aucune ligne horizontale n'y rappelle la stratification des calcaires alpins

(1) Planche II.

ou jurassiques. La plaine, qui s'étend au pied du cône, est composée de tufs et de masses analogues qui appartiennent aux enveloppes extérieures du porphyre pyroxénique. Vers la droite, vous apercevez des couches calcaires, au delà de la vallée de *Gröden*, dont on découvre l'enfoncement. Les lignes horizontales s'y manifestent de suite; c'est la formation du calcaire alpin, notre *zechstein*. Le grès rouge forme le fond du dessin; mais le village de Saint-Pierre, dont on voit une maison sur le devant, est déjà placé sur le porphyre rouge quarzifère. Cette planche offre presque toutes les formations intéressantes de ces contrées; elle les fait reconnaître par les contours qui les distinguent, et dont le contraste rend plus frappant l'aspect des pyramides et des obélisques de dolomie.

Je vous prie de jeter en même temps un coup-d'œil sur l'esquisse à-peu-près idéale qu'offre le profil n° 9. Vous vous rappellerez avoir rencontré bien souvent dans la nature les données dont se compose mon dessin. Quand on suit la grande route d'*Inspruck* à *Augsbourg*, on commence à s'élever progressivement pour traverser la chaîne calcaire des Alpes, sur des collines composées d'une roche calcaire dense, couleur gris de fumée, qui ne manque pas de pétrifications et qui appartient au *zechstein*. Les couches s'inclinent vers la vallée de l'Inn. Arrivé au sommet des montagnes calcaires, on voit à leur pied une petite vallée, et en face de cette vallée un mur très-escarpé, très-blanc et très-haut, dont les débris couvrent le sol en immense quantité; c'est la montagne du *Feigenstein*, près de *Nassareith*. Les couches au pied de la montagne sont tout aussi fendillées que celles de la mon-

tagne de *Santa-Agatha*, près de *Trento*. Des rhomboèdres de dolomie tapissent toutes les parois des fentes. Le haut est composé de dolomie grenue pure. Vers le milieu se trouvent les mines de calamine, précisément là où les fentes ont presque détruit tout reste de stratification : elles se trouvent dans ces fentes mêmes; preuve assez évidente que les substances métalliques se sont introduites dans les couches de la même manière que la magnésie.

Le grès rouge que l'esquisse fait apercevoir ne vient pas au jour, près de *Nassareith*, mais bien à *Schwaz*, à *Bleiberg*, dans les montagnes qui bordent, vers le nord, les sources de l'*Isar*, au Mendelberg près de *Botzen*, le long de cette muraille imposante qu'on nomme *die Wand*, à l'ouest de *Neustadt* (près de *Vienne*) et dans beaucoup d'autres endroits le long de cette chaîne. Cette roche s'élève quelquefois à une hauteur assez considérable du côté du mur escarpé; jamais du côté opposé : c'est donc une forme générale. C'est celle des montagnes de *Terni* vers *Spoleti*, c'est la forme du *Taygète* dans la Morée, dont les escarpemens sont tournés vers la mer; c'est celle encore du mont Salève, près de Genève. Il n'y a rien qui corresponde à ce mur, et les couches qui s'étendent à son pied affectent constamment une inclinaison en sens contraire. C'est le porphyre pyroxénique qui a élevé et les couches calcaires, et les grès et les porphyres quarzifères; c'est lui qui les a détachés de leur gisement primitif, qui les a placés entre les couches calcaires et les a rejetés vers la plaine sans les altérer; c'est lui qui a fendillé, produit et soulevé la dolomie. Il se peut donc que le grès paraisse quelquefois superposé à des forma-

tions qui lui sont postérieures : c'est qu'alors il ne sera plus en place et qu'il aura été élevé avec le mur même dont il forme le pied.

Ces considérations suffisent pour prouver qu'il n'existe aucun caractère distinctif de *formation géognostique* dans la dolomie. Le porphyre pyroxénique peut transformer en dolomies toute couche calcaire qu'il traverse sous des conditions convenables, aussi-bien dans le terrain du calcaire grossier que dans celui de la formation du Jura. Distinguer une formation de calcaire magnésien ou de dolomie d'une autre formation calcaire dépourvue de magnésie, serait imiter quelqu'un qui voudrait séparer, comme espèce particulière, un chêne qui porte des galles d'un autre qui n'en a point. Je ne puis par conséquent adopter l'opinion des géologues anglais qui veulent introduire dans la série des couches une *formation calcaire magnésienne* comme *formation générale*, et qui la croient analogue à l'importante formation du *zechstein* (calcaire secondaire inférieur d'Allemagne), qu'on ne connaît point en Angleterre.

Je commence à croire qu'il restera bien peu de grottes et de cavernes aux formations calcaires. La plus grande partie se trouve dans la dolomie. Telles sont les grottes de *Liebenstein* et de *Glücksbrunn*, près de Meiningen, d'après la description de M. Heim (1); telle est la grotte de *Scharzfeld*, d'après MM. Friesleben et Jordan. Si l'on considère que la plupart des grottes du Derbyshire se trouvent dans le voisinage du

---

(1) *Geolog. Beschreibung des Thüringer. Waldgebirges*, t. V, p. 95.



toadstone, et que souvent elles sont traversées par cette roche; si l'on se rappelle que M. Smithson-Tennant, qui, dans son beau Mémoire sur les Dolomies (*Philos. Trans.* 1799, p. 305), a fait connaître le premier la vraie nature de cette substance, désigne plusieurs endroits dans la vallée de *Matlock*, où les plus belles dolomies se trouvent tout à côté de couches calcaires, on a bien raison de soupçonner que les grottes du Derbyshire sont aussi, non dans la pierre calcaire, mais dans la dolomie. Je cherche en vain des notions plus exactes sur ces phénomènes dans les écrits des géologues anglais. M. Heim observe que toutes les grottes au pied des montagnes de Thuringe affectent une forme absolument semblable. Les couches se courbent en voûte irrégulière; cette roche, voûtée, est boisée dans le haut et traversée par une fente très-large. Beaucoup de matières étrangères s'insinuent par cette crevasse. On doit être frappé de voir que les fentes dans lesquelles les ossemens fossiles de tant d'animaux se trouvent rassemblés dans différens pays, ne paraissent pas traverser des couches calcaires, mais la dolomie. Du moins est-il sûr que les ossemens qu'on retire des fentes, près de Nice, sont entourés d'une dolomie tout-à-fait semblable à celle des montagnes gigantesques de la vallée de *Fassa* : c'est ce que prouvent les échantillons de cette roche, que M. Brongniart conserve dans sa collection.

Berlin, le 4 février 1823.

(Explication des planches qui accompagnent ce Mémoire : Planche I. Coupes géologiques. Planche II. Vue d'un cône de dolomie. Planche III. Carte des formations du Tyrol méridional.)

SUR *l'Existence de deux nouveaux fluides dans les cavités des minéraux.*

Par le Dr BREWSTER.

(Extrait.)

Nous avons publié, dans les *Annales*, t. XXI, p. 123 et suiv., les résultats des tentatives que sir Humphry Davy a faites pour découvrir la nature des fluides contenus dans les cavités de quelques minéraux. En examinant des cavités de moindres dimensions, dans plusieurs classes de cristaux, M. Brewster a cru reconnaître que les fluides qu'elles renferment ont des propriétés totalement distinctes de celles que possèdent ceux de ces corps qui ont été jusqu'ici étudiés par les physiciens.

Dans les topazes de la Nouvelle-Hollande, d'Écosse et du Brésil, on trouve, dit M. Brewster, des cavités disposées par couches. Quelques-unes sont parfaitement cristallisées (*beautifully crystallised*); d'autres sont amorphes; ici elles ont peu de profondeur; ailleurs on observe le contraire.

Ces cavités sont remplies d'un fluide transparent et sans couleur, dans lequel on remarque presque toujours une bulle de forme circulaire qui se transporte, en inclinant le cristal, dans diverses parties de la cavité, à la manière de la bulle des niveaux.

Quand on prend un de ces cristaux dans la main, la chaleur dilate le liquide, la bulle circulaire diminue; en peu d'instans elle est réduite à un point physique, et finit par disparaître entièrement. Durant le refroidis-

sement de la pierre, on remarque les phénomènes contraires. La disparition et la réapparition de la bulle ont lieu simultanément dans plusieurs centaines de cavités de même forme, qui peuvent être aperçues toutes à la fois dans le champ de la vision du microscope. Pour déterminer exactement la température correspondante à la réapparition de la bulle, M. Brewster a plongé ses topazes dans de l'eau chaude; un thermomètre très-sensible a donné :

1. Topaze de la Nouvelle-Hollande, avec des cavités peu profondes.................... + 23°,6 centig.
2. Topaze bleue de Aberdenshire, avec des cavités de différentes formes, de + 23°,3 à 27°,8.
3. Topaze incolore du Brésil........ + 26°,4.
4. Topaze de la Nouvelle-Hollande, avec des cavités grandes et raboteuses. + 26°,5.
5. Topaze de la Nouvelle-Hollande, avec une cavité très-plate......... + 27°,3.
6. Topaze incolore du Brésil, avec une profonde cavité................. + 28°,7.

Si les cavités sont très-petites et étroites, on ne voit apparaître qu'une seule bulle; dans le cas contraire, plusieurs petites bulles circulaires se montrent séparément, et, en général, finissent, à la longue, par se réunir.

Pour déterminer la dilatation de ce liquide intérieur, M. Brewster a mesuré le rapport qu'il y a entre le volume de la cavité et celui de la bulle à la température de + 10°,0 centigrades. Ce dernier volume était en général le quart de celui du liquide : or, comme la bulle disparaît à + 26°,7, on arrive à ce résultat, que *dans le passage de* + 10° à + 26°,7 *centig. le liquide en ques-*

tion se dilate trente fois plus que l'eau pure; aucun liquide connu ne jouit d'une dilatation aussi considérable.

En appliquant à l'observation des cavités des topazes une méthode que M. Wollaston a imaginée (celle de la réflexion totale de la lumière), M. Brewster est parvenu à reconnaître que le liquide qu'elles renferment est moins réfractif que l'eau.

Dans un échantillon d'améthyste il trouva que le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction, pour le passage de la lumière de l'air dans le fluide, était 1,211. Ce rapport, dans l'eau, le moins réfractif de tous les liquides connus, égale 1,335.

Aux angles des cavités triangulaires et aux extrémités des cavités longitudinales, on aperçoit, selon M. Brewster, un nouveau fluide qu'il appelle *le second*, séparé du *premier*, auquel il ne se mêle jamais, par des surfaces courbes bien tranchées. Quelques personnes doutaient de l'existence de ce nouveau fluide, et regardaient les phénomènes dont s'appuyait M. Brewster comme des illusions d'optique; mais, enfin, ce physicien ayant découvert un cristal dans lequel plusieurs cavités remplies du *premier* fluide étaient séparées par des espaces qu'occupait le *second*, imagina de le chauffer : le premier fluide se dilata beaucoup et occasiona un déplacement très-sensible du second. Par le refroidissement, l'un et l'autre rentrèrent dans leurs anciennes limites. L'auteur assure que le second fluide a une puissance réfractive peu différente de celle de l'eau.

M. Brewster décrit, dans la cinquième section de son Mémoire, plusieurs phénomènes d'optique qui s'ob-

servent, dit-il, pendant la vaporisation et la décomposition du nouveau fluide. Nous aurions bien ici quelques doutes à proposer; mais comme le Mémoire original n'a point été publié encore, nous ne croyons pas devoir sortir aujourd'hui du simple rôle d'historien. Nous terminerons seulement cet extrait en disant que dans plusieurs cristaux les fluides paraissent s'être épaissis au point de devenir de véritables résines; que, quand on ouvre les cavités et que le premier fluide se répand sur la surface du cristal, la petite couche n'est ni immobile comme une huile essentielle, ni évaporée rapidement comme la plupart des autres liquides. Les mouvemens qu'on y remarque avec le microscope s'exécutent sous la double influence de la chaleur et de l'humidité; mais, après dix à douze minutes, il reste sur le cristal un résidu de très-petites parties, qui se volatilisent par la chaleur, et que les acides sulfurique, nitrique et muriatique, dissolvent sans aucune effervescence.

Après que les cavités ouvertes ont été exposées à l'air durant un ou deux jours, le second fluide vient à la surface et offre une couche jaunâtre, d'apparence résineuse, parfaitement transparente, que la chaleur ne volatilise pas, qui ne se dissout ni dans l'eau ni dans l'alcool, mais qui se dissout au contraire rapidement et avec effervescence dans l'acide sulfurique.

Sir Humphry Davy pensait que l'état de raréfaction où les gaz se trouvent, en général, dans les cavités des cristaux, était favorable à l'origine ignée de ces corps. M. Brewster imagine que les observations précédentes pourraient, avec la même raison, être présentées comme directement contraires à la théorie des vulcanistes. L'exis-

tence d'un liquide qui, de $+ 23^{\circ}$ à $+ 29^{\circ}$ du thermomètre centigrade, remplit totalement les cavités dont nous avons parlé, lui semble une preuve que les cristaux ont été formés à la température ordinaire de l'atmosphère. Il est toutefois très-remarquable que les cristaux artificiels produits dans nos laboratoires n'offrent aucune de ces cavités.

J'avais déjà terminé cet extrait d'après un article inséré dans le N° XVII du *Journal philosophique d'Edimbourg*, lorsque j'ai trouvé, dans le N° XXX du *Journal de l'Institution royale de Londres*, une note relative au même objet, où l'on annonce que M. Brewster a découvert, sur un échantillon de cymophane*, une couche qui ne renferme pas moins de 30000 cavités dans $\frac{1}{7}$ de pouce carré, et qu'on aperçoit dans chacune d'elles les deux liquides et la petite bulle. L'éditeur ajoute qu'il a vu lui-même tous ces phénomènes dans un cristal de quartz-améthyste, appartenant à M. Thomas Allan. Les cavités semblaient vides quand on chauffait le cristal ; les bulles se montraient par son refroidissement. Le phénomène, ajoute-t-il, est tout-à-fait semblable à celui que présenterait une bulle d'acide carbonique très-condensé, devenant successivement liquide et gazeuse par des diminutions ou des accroissemeus très-légers de chaleur.

Extrait *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 16 juin 1823.

Le Ministre de l'Intérieur adresse la confirmation que le Roi a donnée à la nomination de M. Fresnel.

M. Lambert transmet un Mémoire manuscrit *sur les Polyèdres symétriques.*

M. Becquerel lit un Mémoire, pour lequel il s'était fait inscrire dès le 19 mai, intitulé : *Du Développement de l'électricité par le contact de deux portions d'un même métal, dans un état suffisamment inégal de température, etc.* (*Voyez* le précédent Cahier.)

M. Cuvier lit un Mémoire intitulé : *Observations sur une altération singulière de quelques têtes humaines.*

M. Pelletan annonce qu'il existe aujourd'hui, à l'hospice de l'Ecole-de-Médecine, un jeune homme affecté d'une maladie semblable à celle des têtes présentées par M. Cuvier.

M. Ampère présente à l'Académie un instrument destiné à mesurer l'intensité de la force électro-dynamique, en déterminant, par l'expérience, la durée des oscillations que l'action de deux demi-circonférences faisant partie d'un circuit voltaïque, imprime, à diverses distances, à un conducteur mobile circulaire.

M. Walsh avait adresssé à l'Académie une nouvelle Note sur ce qu'anciennement il désignait par le nom de *calcul binominal,* et qu'il voudrait appeler aujourd'hui *calcul d'Irlande* (patrie de M. Walsh). Le rapport que

M. Cauchy a lu aujourd'hui à ce sujet n'est pas plus favorable que les précédens rapports qu'il avait déjà eu l'occasion de faire sur les autres Mémoires du même auteur.

M. Lassaigne lit des *Observations sur l'existence de l'oxide cystique dans un calcul vésical du chien*, *et essai analytique sur la composition élémentaire de la même substance.*

Séance du lundi 23 juin.

M. de Humboldt rend un compte détaillé du nouvel ouvrage que M. Monticelly vient de publier conjointement avec M. Covelly, sur la dernière éruption du Vésuve, et il fait connaître les résultats des mesures qu'il a prises lui-même peu de temps après l'événement.

M. Blin adresse un Supplément à son premier travail sur les résonnances.

M. de Freycinet communique une lettre écrite par M. Duperrey et datée de la Conception, au Chili, le 24 janvier 1823. M. Duperrey annonce l'envoi des observations magnétiques et du pendule, qu'il a faites dans ses différentes relâches.

M. Gay-Lussac, au nom de la Section de Physique, lit un Rapport qu'avait demandé le Ministre de l'Intérieur, et qui contient une instruction détaillée, relative à la construction des paratonnerres qu'on se propose d'établir sur les clochers des principales églises de France.

Séance du lundi 30 juin.

M. Gambart, fils, remercie l'Académie de l'honneur qu'elle lui a fait en lui accordant, cette année, une des médailles fondées par Lalande.

M. Lefaure prie l'Académie de faire examiner un fusil qu'il a perfectionné.

M. Gaillon, de Dieppe, adresse des expériences microscopiques et physiologiques sur une espèce de conferve marine; et M. Arnoul, un Mémoire *sur les Équations à trois termes*.

MM. Cauchy et Ampère rendent compte d'un Mémoire de M. Texier de Montainville, *sur l'Inscription du cube dans l'octaèdre*.

L'auteur montre que ce problème est indéterminé. Si l'on prend pour axes des x, y, z, les trois diagonales d'un octaèdre, toute section faite dans cet octaèdre par un plan parallèle au plan des x, y, sera un carré; et si le double de la distance de deux plans est compris entre le côté du carré et sa diagonale, il est clair que, dans le carré dont il s'agit, on pourra en inscrire un second qui deviendra la base d'un cube inscrit à l'octaèdre : or, ce qu'il y a de remarquable, c'est que les sommets de tous les cubes inscrits de cette manière tracent sur chaque face de l'octaèdre une hyperbole équilatère.

M. Bougon lit un Mémoire *sur un Individu affecté d'un hydrocéphale chronique* qu'il présente à l'Académie.

M. Patrix fait voir, à cette occasion, un nouveau crâne dont les parois sont très-épaissies.

M. Arago rend compte de nouvelles expériences que M. Wheatstone vient de faire, en Angleterre, sur les vibrations sonores.

M. Girard lit un troisième Mémoire *sur les Canaux de navigation, considérés sous le rapport de la chute et de la distribution des écluses.*

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit une Note *sur la Respiration du fœtus.*

M. Longchamp lit un Mémoire *sur l'Analyse de l'acide phosphorique et des phosphates.*

M. Mongez lit une Note *sur un Phénomène d'optique* dont il n'a trouvé la description dans aucun ouvrage. Au moment où les ombres de deux corps vont se toucher, elles paraissent s'avancer rapidement l'une vers l'autre, comme si elles s'attiraient mutuellement. Ce mouvement donne lieu, dans quelques circonstances, à des altérations curieuses dans la forme des ombres : M. Mongez les décrit en détail et les attribue fort justement, suivant nous, à la pénétration partielle des pénombres dont les ombres sont toujours accompagnées, quand le corps lumineux a des dimensions sensibles.

NOUVELLES *Expériences sur le Son.*

PAR M. WHEATSTONE (1).

Vibrations moléculaires des corps.

En saupoudrant de sable fin des plaques métalliques, de verre, de bois ou de toute autre matière, M. Chladni était parvenu à reconnaître la forme et la position des

(1) Le Mémoire de M. Wheatstone nous a été adressé, en manuscrit, par l'entremise du célèbre professeur Œrsted. Nous



lignes nodales qui se produisent sur ces plaques quand on les fait vibrer avec un archet : le tremblement des parties vibrantes déplace le sable, qui ne s'accumule que sur les lignes nodales.

En employant des moyens d'observation plus délicats, on peut apercevoir dans la plaque vibrante des subdivisions qu'on ne reconnaît pas quand on se sert du sable de M. Chladni.

Ayant pris, dit M. Wheatstone, une lame de verre convenable, je la couvris d'une légère couche d'eau. Je la fis alors vibrer à l'aide d'un archet; les molécules liquides formèrent à l'instant, par leurs oscillations, une surface réticulée fort remarquable. Quand le son devient aigu, le nombre de ces centres de vibrations augmente; mais, au contraire, l'amplitude des oscillations des molécules diminue.

S'il n'existait dans la plaque que les vibrations accusées par les figures de Chladni; si les sons étaient exclusivement produits par les vibrations des grandes parties comprises entre les lignes nodales, on n'observerait rien de remarquable en faisant vibrer une plaque couverte d'eau, à cause de l'adhérence du liquide à sa surface; mais le phénomène précédent prouve que dans une lame sonore, il y a un très-grand nombre d'oscillations, pour ainsi dire, moléculaires, qui peuvent être rendues sensibles à l'œil.

---

regrettons que le défaut d'espace nous empêche d'en donner aujourd'hui la traduction complète; mais je me suis du moins attaché à faire connaître, dans l'extrait qu'on va lire, la totalité des expériences que ce Mémoire renferme. (R.)

Versez dans un vase cylindrique de verre trois fluides qui ne puissent pas se mélanger : du mercure, de l'eau et de l'huile, par exemple. Faites ensuite vibrer l'appareil ; vous verrez alors se former, à la surface de chacun des fluides, des figures analogues à celles qu'on apercevait, pour les sons correspondans, sur la plaque couverte d'une légère couche d'eau. Placez ce vase dans un autre de plus grande dimension et renfermant aussi de l'eau, afin de pouvoir observer les vibrations de la surface extérieure : vous trouverez les mêmes résultats qu'à l'intérieur, alors même que les liquides seraient dans ces vases à des niveaux différens.

Voici, suivant M. Wheatstone, le meilleur moyen de faire ces expériences :

On prend une lame métallique rectangulaire de petite dimension, et l'on fixe l'une de ses extrémités avec une vis. Lorsqu'on fait vibrer cette lame à l'aide d'un archet, après avoir couvert sa surface d'une mince couche d'eau, on remarque des files régulières de corpuscules vibrans, rangées parallèlement aux deux bords de la lame. En rendant l'action de l'archet continue, on peut même, avec le secours d'un micromètre, déterminer le nombre exact de ces corpuscules, qui existent dans une étendue donnée.

Réduisez la partie vibrante de la plaque à la moitié de sa longueur. D'après la règle connue que les vitesses des oscillations sont en raison inverse des carrés des longueurs, vous devrez entendre alors la double octave de la note primitive, et c'est en effet ce qui arrivera. Quant aux corpuscules vibrans, quatre se remarqueront dans l'espace qui n'était originairement occupé que par un

seul, en sorte que leur nombre absolu, dans la nouvelle plaque, sera double de celui qu'en renfermerait la première.

Réduisez de moitié l'épaisseur de la demi-plaque, elle continuera, conformément à la théorie, à rendre le même son; mais le nombre de corpuscules vibrans y sera égal à celui de la plaque entière.

Deux plaques de dimensions parfaitement égales, mais de nature et de rigidités différentes, donneront des sons dissemblables, quoiqu'elles soient couvertes du même nombre de corpuscules vibrans.

M. Wheatstone rend visibles les vibrations moléculaires produites par les oscillations longitudinales d'une colonne d'air, à l'aide du procédé suivant :

Il place l'extrémité ouverte d'une flûte ou d'un flageolet sur la surface de l'eau renfermée dans un vase; en soufflant dans l'instrument de manière à produire des sons, on aperçoit à l'instant, sur la surface du liquide, des *crispations* analogues à celles dont nous venons de parler, formant un cercle autour du tuyau et paraissant diverger suivant la direction de ses rayons. En produisant le son harmonique, les crispations diminuent de grandeur. Ces phénomènes deviennent plus apparens quand le bout du tuyau de l'instrument est soulevé assez légèrement pour qu'il ne reste qu'une mince pellicule de liquide tout autour.

M. Wheatstone croyait avoir été le premier qui eût rendu sensible à l'œil les oscillations moléculaires; mais M. OErsted lui a appris qu'il avait publié, depuis longtemps, des observations analogues dans divers recueils scientifiques, et en particulier dans les *Mémoires de*

l'Académie de Copenhague, pour 1808. Durant le séjour de ce célèbre physicien à Paris, nous avons eu nous-même l'avantage d'être témoin des intéressantes expériences qu'il avait faites à ce sujet. Il nous montra, entre autres choses, qu'on rend déjà très-apparentes ces oscillations, que l'auteur anglais appelle *moléculaires*, en substituant de la poudre de lycopode au sable grossier dont M. Chladni se servait.

Sur la Transmission rectiligne du son.

Si l'on place la tige d'un diapason, en contact avec l'extrémité d'une verge de métal ou de verre de cinq ou six pieds de long, et qui, par son autre extrémité, appuie sur une planche sonore comme celles de la caisse d'un piano, les sons du diapason s'entendent aussi nettement que si ce petit instrument reposait immédiatement sur la planche : mais, dès que la verge en est séparée, quelque petite que soit la distance, le son ne s'entend plus. Des vibrations tout-à-fait inaudibles dans leur transmission le long de la règle, se multiplient donc à tel point, par leur contact avec un corps sonore, qu'elles deviennent extrêmement sensibles.

Le diamètre des conducteurs, suivant M. Wheatstone, a une influence manifeste sur la faculté dont ils jouissent, de transmettre les sons; il y a même, à cet égard, ajoute-t-il, des limites, différentes pour les divers sons, et en dessous desquelles rien n'est transmis. Un son aigu pourra se propager à travers un fil très-mince; un son grave sera, au contraire, arrêté. Voici la preuve :

Attachez un diapason à l'une des extrémités d'un fil

fin ; appliquez l'autre extrémité à l'oreille ou à une planche sonore ; faites vibrer fortement les branches du diapason ; deux sons simultanés (*coexisting sounds*) seront produits : le plus aigu s'entendra ; le fil ne transmettra pas l'autre.

Supposons que les vibrations d'un diapason soient transmises imparfaitement le long d'un fil de cuivre de la grosseur d'une forte aiguille ; pressez avec les doigts ce fil conducteur, et à l'instant le son deviendra plus fort. Si le fil était d'acier et de la même grosseur, la pression des doigts, quelle qu'elle fût, n'altérerait pas l'intensité du son.

Polarisation du son (1).

Pour comprendre les expériences dans lesquelles M. Wheatstone a vu ce qu'il appelle *la polarisation du son*, il importe de se bien rappeler qu'un diapason se compose d'une baguette métallique ployée de manière à former un U, dont les branches verticales se rapprocheraient cependant un peu l'une de l'autre vers le haut. A la partie courbe inférieure est adaptée une tige unique du même métal, contenue dans le plan des deux branches de l'U, et qui forme la poignée de l'instrument.

(1) Nous conservons à ce chapitre le titre qu'il porte dans le Mémoire original, quoique nous ne partagions pas les idées de M. Wheatstone sur l'analogie qu'il prétend trouver entre les curieux phénomènes dont il nous reste à parler et ceux de la polarisation de la lumière. (R.)

Quand on veut faire rendre un son à cet instrument, on introduit un cylindre métallique dans la partie courbe de l'U; on le fait ensuite mouvoir de bas en haut, parallèlement à lui-même. Mais comme il ne peut sortir librement par le haut, à cause de sa trop grande épaisseur, si on fait un effort suffisant, les deux branches du diapason s'écartent l'une l'autre, et, après l'entière sortie du cylindre, oscillent toutes deux dans le plan qui les renfermait à l'état de repos.

Plaçons maintenant, avec M. Wheatstone, la tige qui forme la poignée d'un diapason, en contact avec une verge métallique droite et perpendiculairement à sa longueur. Si le plan des deux branches vibrantes de l'U contient la verge métallique, le son se communiquera avec force à toute table sonore sur laquelle cette verge appuyera. Si, au contraire, le plan des branches vibrantes est perpendiculaire à la verge, le son ne se transmettra presque point. En donnant un mouvement de rotation au diapason autour de sa poignée, le point de contact avec la verge restant toujours le même, on remarquera que le son s'affaiblit graduellement, depuis la première position où il est à son *maximum*, jusqu'à la seconde dans laquelle on l'entend à peine.

Laissons maintenant le diapason dans cette position où les sons qu'il produit se transmettent le long de la verge métallique : supposons, en un mot, que celle-ci soit située dans le plan des deux branches de l'U. Ployons ensuite peu à peu la verge (dans son milieu, par exemple), mais de manière que les deux côtés de l'angle qu'elle formera restent perpétuellement dans le plan des vibrations des deux branches du diapason. La verge

droite, comme nous l'avons déjà vu, transmet fortement les sons à la table sonore sur laquelle elle repose par une de ses extrémités ; mais, pendant qu'on la fléchit, le son s'affaiblit graduellement, et devient enfin à peine perceptible quand l'angle formé par les deux côtés de la verge est droit. En dépassant cette limite, le son se renforce, comme il avait d'abord diminué, à mesure que l'angle des deux parties de la règle devient plus aigu; et lorsque ces deux parties arrivent au parallélisme, le son transmis est aussi fort qu'avec la verge droite. En multipliant les inflexions rectangulaires dans une verge métallique, on peut donc empêcher qu'elle ne transmette aucun son.

Des phénomènes analogues peuvent être observés sur plusieurs instrumens de musique. Dans la harpe, dit M. Wheatstone, les cordes sont attachées par une de leurs extrémités, à un conducteur (*conductor*) qui a la même direction que la table sonore (*sound board*) : or, si l'on écarte une corde de sa position de repos, de manière que ses oscillations s'exécutent ensuite parallèlement au conducteur, on entendra un son plein. Quand, au contraire, les oscillations se feront perpendiculairement au conducteur, le son sera faible.

Si on tend deux cordes contiguës d'une harpe, de manière qu'elles soient à l'unisson, l'influence de la direction des oscillations sur la facilité de leur transmission sera sensible, même pour l'œil. Dans ce cas, comme on sait, les vibrations imprimées à une de ces cordes occasioneront un mouvement vibratoire dans la seconde; mais on remarquera que ce dernier mouvement aura

plus ou moins d'étendue, suivant le sens des oscillations qu'exécute la première corde.

M. Wheatstone conçoit que chaque corpuscule en vibration occasione des vibrations isochrones dans les corpuscules contigus; mais que celles-ci se font toutes dans une même direction. Pour un conducteur rectiligne, les vibrations, suivant le sens dans lequel on les aura excitées, se feront ou transversalement ou longitudinalement; et c'est là seulement ce qui pourra faciliter leur transmission ou l'empêcher.

Voici maintenant l'expérience par laquelle M. Wheatstone imagine avoir produit à l'égard du son ce qu'est la double réfraction dans la lumière :

Concevez une verge métallique verticale dont l'extrémité inférieure communique avec deux conducteurs horizontaux formant entr'eux un angle droit et aboutissant chacun à une table sonore. Placez les poignées de deux diapasons donnant des notes différentes, en contact, dans le sens horizontal, avec des points voisins de l'extrémité supérieure de la verge. Supposez, de plus, que le plan des deux tiges du premier diapason soit vertical et que son prolongement contienne l'un des conducteurs horizontaux. Plaçons maintenant le plan des tiges du second diapason, perpendiculairement au précédent, en sorte qu'il contienne le deuxième conducteur. Si l'on se rappelle les précédentes expériences, on verra facilement que les vibrations du premier diapason ne se transmettront qu'au conducteur contenu dans le plan où elles s'exécutent, et que le second conducteur sera la seule voie dans laquelle les oscillations du second diapason conserveront un peu de force. L'expérience confirme toutes ces conséquences :

si l'on supprime, en effet, l'un des conducteurs horizontaux, ou si l'on enlève la planche sonore qu'il fait résonner, on n'entendra plus les deux sons réunis, quoiqu'ils aient été simultanément transmis à travers la verge verticale.

Le Mémoire de M. Wheatstone est terminé par l'expérience qui suit :

Prenez une verge métallique droite ; faites-la communiquer par l'une de ses extrémités ou par les deux, avec des tables sonores, et placez la poignée d'un diapason perpendiculairement à sa longueur. Mettez ce petit instrument en vibration et faites-le mouvoir parallèlement à lui-même le long de la verge métallique : durant ce mouvement le son ne sera pas transmis ; dès que l'instrument ne marchera plus, les tables vibrantes résonneront fortement.

Quand le diapason est placé sur le bord supérieur d'un plan perpendiculaire à une table sonore, son mouvement n'influence pas les vibrations transmises rectilignement de l'un à l'autre de ces plans.

ANALYSE *du Sulfate naturel de fer et d'alumine.*

PAR M[r] R. PHILLIPS.

CE sel a été décrit par M. Sowerby, dans sa *Minéralogie exotique.* L'échantillon qui a été analysé par M. Phillips provient des schistes argileux des mines abandonnées de charbon de terre de Hurlet et Campsie, qui sont employés pour la préparation du sulfate de fer et de

l'alun. Il se présente en fibres douces et délicates, facilement séparables les unes des autres; il est incolore, avec un éclat soyeux, et l'apparence de l'asbeste. Exposé à l'air humide, le fer qu'il contient passe à l'état de peroxide, et les cristaux deviennent d'un brun jaunâtre. Il est très-soluble dans l'eau, et donne des cristaux d'alun par l'addition de sels à base de potasse ou d'ammoniaque. Sa dissolution, évaporée spontanément, donne des cristaux de sulfate de fer, et le sulfate d'alumine reste en dissolution. Il est, d'après cela, probable qu'on ne pourrait point le produire artificiellement.

Le sel est composé de :

Acide sulfurique,	30,9;
Protoxide de fer,	20,7;
Alumine,	5,2;
Eau conclue par soustraction,	43,2;
	100,0;

Ou en atomes, de

3 atomes de sulfate de fer;
1 atome de sulfate d'alumine;
25 atomes d'eau (1).

(1) Il est très-remarquable que ce sel ait une composition analogue à celle de l'alun, avec cette circonstance particulière qu'ici le sulfate de fer remplace le sulfate d'alumine dans l'alun, et que le sulfate d'alumine remplace le sulfate de potasse ou celui d'ammoniaque. (R.)

EXPÉRIENCES *et Recherches sur les matières salines contenues dans l'eau de mer.*

PAR M. ALEXANDRE MARCET.

(Extrait.)

DANS un Mémoire sur la température et la salure de différentes mers (1), j'ai émis la conjecture que les mers devaient contenir de petites quantités de toutes les substances de la nature solubles dans l'eau, en raison des eaux fluviatiles qui s'y versent et qui ont été en contact avec tous les points de la surface de la terre : si cette conjecture ne peut être vérifiée généralement, cela ne peut être attribué qu'à l'imperfection de nos méthodes actuelles d'analyse, ou au manque d'une habileté suffisante de la part de l'opérateur.

Rouelle a avancé (*Journ. de Médec.*, t. XLVIII, 1777, p. 322) que le sel marin contenait du mercure, et le célèbre chimiste Proust a en grande partie confirmé cette assertion, en annonçant (*Annales du Muséum*, t. VII) qu'il avait trouvé des traces de mercure dans tous les échantillons d'acide marin qu'il avait examinés.

Quelqu'improbable que ce fait pût paraître, j'ai pensé qu'il méritait un nouvel examen, et j'ai saisi en même temps l'occasion de faire quelques recherches sur d'autres substances qu'on pourrait s'attendre, avec plus de vraisemblance, à rencontrer dans l'eau de mer.

J'ai mis dans une cornue de verre, couverte d'un lut,

(1) *Annales de Chimie et de Physique.* XII. 295.

8 onces de sel gris provenant des marais salans de Portsmouth, et j'ai versé dessus environ 4 onces d'acide nitrique. La chaleur a d'abord été appliquée modérément, et ensuite poussée jusqu'au point qu'il ne se dégageât plus d'acide ou d'humidité. Il s'est alors dégagé des vapeurs rutilantes qui annonçaient que le nitrate formé commençait à se décomposer, et on a remarqué dans le col de la cornue de petites gouttes qu'on a reconnu être formées de sel marin et de nitrate de soude, et dans lesquelles l'examen le plus attentif n'a pu faire découvrir la plus légère trace de sublimé corrosif.

J'ai ensuite dissous dans l'eau cinq ou six livres du même sel pour recueillir le sédiment terreux dans lequel, suivant Rouelle, on trouve ordinairement du mercure. Ce sédiment, desséché avec soin et chauffé jusqu'au rouge dans une retorte, a donné un sublimé blanc que j'ai reconnu être du sel ammoniac, et dans lequel il n'y avait pas la plus légère trace de sublimé corrosif ou de tout autre sel mercuriel.

Du sel gris de France, traité de la même manière, n'a également présenté aucun indice de l'existence du mercure.

Dans des expériences sur les matières salines contenues dans les eaux de la mer, on doit, pour éviter toute cause d'erreur, opérer sur de l'eau pure. J'ai donc dirigé maintenant mon attention sur l'eau de mer même, et en particulier sur de l'eau qui avait été prise dans le voisinage de Portsmouth et concentrée avec le plus grand soin. Cette eau n'avait laissé déposer pendant son évaporation qu'un peu de matière calcaire, principalement de sélénite. Evaporée de nouveau pour la réduire à une petite

quantité de liquide, j'y ai recherché les ingrédiens qu'il était le plus probable qu'on y découvrirait.

Soupçonnant qu'elle pourrait contenir quelque nitrate, j'en ai mêlé une partie avec de l'acide sulfurique, et j'ai introduit dans le mélange une feuille d'or. Si l'eau eût contenu même une très-petite quantité de nitrate, l'or aurait été dissous ; mais il n'a nullement été attaqué, et on n'a senti aucune odeur d'eau régale. Je suis redevable au Dr Wollaston de ce moyen simple et élégant de découvrir la présence de l'acide nitrique.

J'ai ensuite fait des recherches pour découvrir, dans l'eau de mer, des terres ou des métaux, et spécialement de l'alumine, de la silice, du fer et du cuivre; mais je n'ai pu y trouver rien autre chose que de la magnésie, et, à ma surprise, je n'ai observé dans l'eau concentrée aucune trace de chaux; ce qui prouve que l'eau de la mer ne contient point de muriate de chaux, comme on l'a supposé généralement.

Le dépôt obtenu à Portsmouth, pendant la première concentration de l'eau de mer, était du sulfate de chaux mêlé avec du carbonate et un peu de sel marin. La présence du carbonate de chaux dans l'eau de mer, en parfaite dissolution, étant, je crois, un fait nouveau, je n'ai rien négligé pour la bien constater; ce qui d'ailleurs ne présentait aucune difficulté (1). Quelques chimistes ayant admis le carbonate de magnésie dans l'eau de mer, je l'ai

(1) MM. Bouillon-Lagrange et Vogel ont depuis longtemps reconnu la présence du carbonate de chaux dans les eaux de la mer. (Voyez *Annales de Chimie*, vol. LXXXVII, p. 208.) (R.)

recherché dans le même dépôt ; mais, après avoir dissous ce dernier dans l'acide hydrochlorique, précipité la chaux et ajouté du phosphate d'ammoniaque à la liqueur filtrée, je n'ai pu en découvrir aucune trace.

La présence de l'hydrochlorate d'ammoniaque dans l'eau de mer est au contraire incontestable. Si on en évapore jusqu'à siccité et qu'on chauffe ensuite jusqu'au rouge obscur, on obtient un sublimé blanc, qui a tous les caractères du sel ammoniac.

Quelques chimistes ayant admis le sulfate de soude au nombre des ingrédiens de l'eau de mer, j'ai cherché à m'en assurer ; mais, quoique j'aie pris beaucoup de peine pour cela, je n'ai pu découvrir aucune trace de ce sel.

Après des évaporations et des cristallisations successives de l'eau de mer, on obtient plusieurs sels reconnaissables à leur forme, savoir : du sulfate de magnésie en prismes, du sel marin et des rhomboèdres entièrement différens des autres sels. Ces cristaux, qui sont évidemment des portions d'un prisme rhomboïdal oblique, sont du sulfate double de potasse et de magnésie.

Après la séparation de ce sulfate, il reste encore dans l'eau mère un sel à base de potasse, et on peut s'en assurer aisément par une évaporation bien ménagée. On obtient un chlorure double de potassium et de magnésium en cristaux rhomboïdaux, mais qui se décomposent par l'eau et l'alcool en chlorure de potassium et en chlorure de magnésium.

De ce qui précède on peut conclure :

1°. Qu'il n'existe ni mercure ni sels mercuriels dans l'eau de l'Océan ;

2°. Qu'elle ne contient point de nitrates;

3°. Qu'elle contient du sel ammoniac;

4°. Qu'elle tient en dissolution du carbonate de chaux;

5°. Qu'elle ne contient point de muriate de chaux;

6°. Qu'elle contient du sulfate et du muriate doubles de potasse et de magnésie.

(*Trans. Phil.* 1822.)

Observation *sur l'Existence de l'oxide cystique dans un calcul vésical du chien, et Essai analytique sur la composition élémentaire de cette substance particulière.*

Par Mr J.-L. Lassaigne.

(Mémoire lu à l'Académie royale des Sciences, le 9 juin 1823.)

M. Wollaston donna le nom d'*oxide cystique* à une matière animale particulière qu'il découvrit dans un calcul vésical humain. Il en fit une description fort détaillée qu'il consigna dans les *Transactions philosophiques*, pour l'année 1810; mais cette espèce de calcul étant très-rare, puisque ce savant ne l'a depuis rencontré qu'une fois, il ne lui a pas été permis de multiplier ses expériences sur cette matière autant qu'il l'aurait désiré.

Plusieurs années après, M. le Dr Marcet, professeur à l'hôpital de Guy, à Londres, observa, dans l'examen

qu'il fit de trois calculs rénaux humains, la présence de cette matière particulière dans un grand état de pureté.

En France, personne n'avait encore eu l'occasion de trouver l'oxide cystique parmi les calculs urinaires, lorsque, en soumettant dernièrement, sur l'invitation de M. Girard, directeur de l'École royale vétérinaire d'Alfort, à un nouvel examen chimique ceux qui composent sa nombreuse collection, j'en trouvai un fort extraordinaire par sa forme irrégulière, sa couleur jaunâtre, sa demi-transparence, et qui avait été extrait de la vessie d'un chien. Les différens essais auxquels je le soumis me firent bientôt présumer que la matière qui le composait avait beaucoup d'analogie avec l'oxide cystique; mais ne connaissant les propriétés de cette substance que d'après celles qui sont indiquées dans les ouvrages de chimie, et craignant de prononcer sur la nature d'une substance que je n'avais jamais vue, je consultai à l'instant le Mémoire original traduit et inséré dans les *Annales de Chimie* (tome LXXVI, page 21), et je ne tardai pas à me convaincre en lisant les expériences de M. Wollaston comparativement avec celles que je venais d'entreprendre sur ce calcul, qu'il était entièrement semblable, par ses propriétés chimiques, à celui analysé par M. Wollaston.

Le calcul d'oxide cystique que nous avions à notre disposition pesait 2^{grammes},450; il était d'une couleur jaunâtre, demi-transparent, lisse à sa surface et cristallisé confusément dans toute sa masse. Sa pesanteur spécifique, que nous avons déterminée à $+ 12$, était de $= 1{,}577$. Nous nous sommes assurés, par des expériences directes, qu'il était formé, sur cent parties, de :

Oxide cystique,	97,5 ;
Phosphate et oxalate de chaux,	2,5.
	100,0.

Quoique nous annoncions, dans nos résultats, la présence de l'oxalate de chaux dans ce calcul, nous ne l'avons pas obtenu isolément; nous avons conclu son existence de la propriété que possédait le résidu du calcul insoluble dans la potasse, d'être converti partiellement en carbonate de chaux par une légère calcination.

Possédant, d'après nos opérations précédentes, une certaine quantité d'oxide cystique pur, nous avons cru devoir répéter les expériences énoncées dans le Mémoire de M. Wollaston, et comme, dans le cours de notre travail, nous avons observé quelques faits particuliers qui peuvent ajouter à l'histoire de cette matière, d'ailleurs très-rare, nous nous empressons de les publier.

Oxide cystique et Potasse.

Lorsqu'on abandonne à l'air libre une dissolution d'oxide cystique dans la potasse, elle dépose, avant que l'évaporation soit achevée, de petits cristaux blancs grenus dont il est difficile de déterminer la forme. Ces cristaux, lavés avec un peu d'eau pour les dépouiller de l'eau mère qui les a mouillés à leur surface, n'ont aucune saveur sensible; ils sont insolubles dans l'eau, mais se redissolvent aisément dans ce liquide si on y ajoute quelques gouttes de solution de potasse. Ils sont formés cependant d'une petite quantité de potasse et de beaucoup d'oxide cystique, comme on s'en assure en les calcinant dans un creuset de platine. Il paraît donc,

d'après cette expérience, que, lorsqu'une dissolution de potasse saturée d'oxide cystique est amenée au point de cristallisation, elle se décompose de manière que la combinaison solide qui en résulte contient plus d'oxide cystique que celle qui reste dans les eaux mères. Cet oxide azoté se comporterait à l'égard des alcalis comme certains acides minéraux qui ne peuvent former de combinaisons neutres qu'autant que ces dernières sont en solution dans l'eau, mais dont l'équilibre des élémens est troublé aussitôt qu'ils viennent, par une cause quelconque, à prendre une forme cristalline.

Oxide cystique et Ammoniaque.

La combinaison d'oxide cystique et d'ammoniaque est peu permanente : elle ne subsiste que dissoute dans l'eau et à l'abri du contact de l'air. Soumise à une évaporation spontanée, l'ammoniaque s'en dégage peu à peu, et l'oxide cystique pur cristallise en petites lames blanches transparentes.

Oxide cystique et Acide hydrochlorique.

L'acide hydrochlorique, combiné avec la plus grande quantité possible d'oxide cystique, manifeste toujours des caractères d'acidité très-prononcés. La combinaison solide qu'on obtient en laissant évaporer librement la dissolution à l'air se présente cristallisée en belles aiguilles divergentes d'un blanc nacré. L'air sec ou humide ne l'altère point. Exposée à une chaleur de 100 degrés, l'acide hydrochlorique s'en dégage pour la plus grande partie, et l'oxide se décompose. Nous avons cherché à connaître la proportion d'acide hydrochlorique com-

binée à l'oxide cystique dans cette substance cristallisée. Pour cela, nous l'avons d'abord laissée exposée au soleil pendant quatre heures environ, afin de l'avoir dans son plus grand état de siccité possible; ensuite, après l'avoir exactement pesée, nous l'avons dissoute dans l'eau, et l'oxide cystique en a été précipité en saturant l'acide par le carbonate neutre d'ammoniaque, comme l'a proposé M. Wollaston. Nous avons trouvé que cette combinaison était formée de :

Oxide cystique,	94,7;
Acide hydrochlorique,	5,3.
	100,0.

Oxide cystique et Acide nitrique.

Cette combinaison, préparée comme la précédente, se présente en aiguilles plus fines et d'un aspect nacré si grand qu'on les prendrait pour des cristaux d'amiante. Ces cristaux ne sont point altérés par la lumière solaire; en les traitant à chaud par un excès d'acide nitrique, ils jaunissent un peu et finissent par brunir sans produire, à aucune époque de l'opération, de couleur rouge purpurine. Nous avons déterminé, par les mêmes moyens, les quantités d'acide nitrique et d'oxide cystique, et nous avons obtenu :

Oxide cystique,	96,9;
Acide nitrique,	3,1.
	100,0.

Oxide cystique et Acide sulfurique.

L'acide sulfurique concentré se combine avec l'oxide cystique en formant un composé visqueux, incolore, qui

se dissout dans l'eau; mais cette combinaison n'est pas susceptible de prendre comme les autres une forme cristalline; toujours elle se présente en une masse gommeuse qui attire l'humidité de l'air. Après l'avoir laissée exposée dans le vide entretenu par l'acide sulfurique pendant douze heures, nous l'avons analysée et nous avons trouvé :

Oxide cystique,	89,6;
Acide sulfurique,	10,4.

Mais la proportion d'acide rapportée ici fait fortement présumer que ce composé retenait de l'eau.

Oxide cystique et Acide phosphorique.

Cet oxide, en se dissolvant dans l'acide phosphorique étendu d'eau, donne naissance à une combinaison incristallisable qui ressemble beaucoup à celle formée par l'acide sulfurique : comme elle retient l'eau avec force, nous n'avons pas cherché à déterminer la quantité d'acide qui y était combinée.

Oxide cystique et Acide oxalique.

Une propriété remarquable de cette matière azotée c'est son insolubilité dans les acides végétaux, à l'exception de l'acide oxalique; aussi M. Wollaston recommande-t-il avec raison, pour précipiter l'oxide cystique de ses combinaisons alcalines, l'emploi des acides acétique, citrique, tartrique, etc. Le composé qui résulte de la dissolution de l'oxide cystique dans l'acide oxalique cristallise en aiguilles qui s'effleurissent à l'air. Il est formé, sur 100 parties, de :

Oxide cystique,	78;
Acide oxalique,	22.

Après avoir examiné les principales combinaisons de cet oxide avec les acides, nous avons déterminé le rapport en poids des élémens constitutifs de cette substance en la calcinant dans un appareil convenable avec l'oxide de cuivre. Cette expérience ayant été répétée deux fois avec soin, nous pouvons conclure de nos résultats que l'oxide cystique est composé ainsi qu'il suit, savoir:

Carbone,	36,2;	Oxigène,	17;
Azote,	34;	Hydrogène,	12,8.

Lettre *de M.* Prévost *à M.* Arago.

Monsieur,

Nous trouvons en ce moment, dans le 26[me] Numéro des *Annales de Philosophie*, publiées par Thomson, page 114, une lettre du D[r] Harle, de Norwich, où il considère comme très-probable la possibilité de dissoudre les calculs urinaires dans la vessie au moyen de la pile galvanique, sans avoir cependant appuyé cette idée sur des expériences. Nous regrettons infiniment de n'avoir pas connu cet article plus tôt, pour le citer dans la Note que nous avons lue à l'Académie, sur le même sujet, et que vous avez eu la bonté d'insérer dans les *Annales*; nous désirons vivement être les premiers à reconnaître l'erreur involontaire où nous sommes tombés, et nous vous serions fort obligés de publier la présente dans le prochain Numéro de votre excellent Journal.

J'ai l'honneur d'être, etc.

Dimanche 13 juillet 1823.

SUR *un Sulfate de fer et d'ammoniaque analogue à l'alun.*

Par le Dr FORCHHAMMER.

LE Dr Forchhammer, ayant préparé une dissolution d'or par le moyen de l'acide nitrique et du sel ammoniac, et en ayant précipité l'or par le sulfate de fer, fit évaporer le liquide en consistance sirupeuse, et l'abandonna à lui-même pendant un mois. Au bout de ce temps, il s'y était formé de beaux octaèdres d'une couleur jaune de vin, qui, après plusieurs cristallisations successives, devinrent parfaitement incolores.

Ce sel est soluble dans environ trois fois son poids d'eau à 15°. En négligeant deux millièmes d'alumine que l'analyse y a fait découvrir, il est composé de :

Sulfate de peroxide de fer,	41,95 ;
Sulfate d'ammoniaque,	12,11 ;
Eau,	45,94 ;
	100,00 ;

ou de 3 atomes de sulfate de peroxide de fer ;
1 atome de sulfate d'ammoniaque ;
24 atomes d'eau.

Le sel obtenu par M. Cooper, en dissolvant dans l'acide sulfurique le peroxide de fer précipité du nitrate par l'ammoniaque, est semblable, à de très-petites différences près, à celui dont on vient de donner l'analyse.

Ces résultats paraissant favorables à l'opinion de M. Mitscherlich, que le peroxide de fer et l'alumine sont isomorphes. M. Forchhammer a fait l'analyse de l'alun ammoniacal, et il l'a trouvé en effet composé d'une manière analogue au sel précédent, savoir :

3 atomes de sulfate d'alumine ;
1 atome de sulfate d'ammoniaque ;
24 atomes d'eau (1).

(*Annals of Phil. new series.* v. 406.)

(1) M. Anatole-Riffault avait trouvé les mêmes résultats. (*Ann. de Ch. et de Ph.* XIV. 439.) (R.)

JOURS.	9 HEURES DU MATIN			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL	VENTS
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.	à midi.	à midi.
1	755,36	+16,5	84	757,52	+19,5	70	757,91	+20,0	67	758,00	+16,0	90	+20,0	+14,2	Couvert.	N. O.
2	757,15	+22,2	71	756,37	+22,2	65	755,30	+21,7	66	755,84	+14,2	99	+22,5	+13,8	Nuageux.	S. E.
3	755,55	+19,1	76	755,66	+21,0	67	756,10	+19,9	73	758,33	+14,7	89	+21,0	+13,0	Nuageux.	N.
4	759,52	+17,0	79	759,04	+20,0	70	758,20	+17,0	84	757,40	+13,2	98	+20,0	+11,8	Couvert.	O.
5	758,55	+17,5	82	759,05	+19,8	73	759,24	+19,5	85	758,74	+16,0	91	+19,8	+11,8	Couvert.	O.
6	757,24	+18,5	88	75[illegible],27	+22,0	73	755,03	+22,2	80	753,91	+18,7	90	+22,3	+14,0	Couvert.	S. O.
7	754,15	+19,0	69	753,80	+21,5	64	753,50	+17,5	74	753,24	+15,2	78	+21,5	+12,2	Très-nuageux.	O.
8	753,00	+16,6	74	752,83	+17,0	72	752,65	+17,0	79	753,95	+11,2	95	+17,6	+11,2	Pluie.	O. S. O.
9	757,25	+17,5	72	757,64	+21,2	62	757,66	+19,5	63	759,23	+13,0	87	+21,3	+ 8,8	Couvert.	O. N. O.
10	760,14	+19,5	70	759,44	+23,3	63	758,35	+22,1	62	757,10	+17,2	78	+23,3	+10,0	Nuageux.	S. O.
11	753,50	+22,5	71	752,33	+28,8	61	750,50	+29,9	61	752,52	+18,5	91	+30,0	+12,3	Nuageux.	S. S. O.
12	755,68	+21,5	69	755,98	+20,5	67	755,66	+22,5	67	756,36	+17,5	87	+22,8	+12,5	Couvert.	S. O. fort.
13	755,84	+23,7	69	754,67	+25,6	68	753,80	+26,0	65	750,57	+20,5	83	+26,0	+12,2	Légers nuages.	S.
14	754,10	+21,0	74	754,04	+23,0	66	753,60	+24,4	64	754,46	+17,5	86	+24,4	+16,8	Très-nuageux.	S. O.
15	755,28	+21,3	75	751,07	+23,0	66	7[illegible]2,70	+23,6	61	752,00	+15,8	99	+23,6	+12,5	Très-nuageux.	S. O.
16	752,90	+18,7	70	752,09	+19,8	64	751,56	+20,5	64	751,92	+12,2	88	+20,8	+11,0	Nuageux.	O.
17	753,20	+16,0	80	754,71	+17,1	70	755,86	+17,9	67	757,46	+13,0	87	+17,9	+10,8	Très-nuageux.	O. N. O. fort.
18	756,66	+14,8	88	755,51	+15,4	89	754,90	+17,0	91	756,08	+14,7	95	+17,0	+12,2	Pluie par intervalles.	S.
19	759,48	+18,0	82	759,67	+19,8	72	760,00	+19,7	71	760,24	+15,8	93	+21,0	+14,4	Couvert.	O.
20	761,38	+22,8	72	761,02	+24,9	71	760,32	+26,2	67	757,50	+19,0	73	+26,3	+16,6	Couvert.	S. O.
21	751,57	+27,4	68	750,20	+30,9	62	750,02	+25,1	61	751,50	+17,2	94	+30,9	+15,5	Quelques éclaircies.	S.
22	755,43	+17,4	74	756,28	+19,1	61	756,85	+19,0	64	758,35	+14,2	86	+19,0	+12,5	Nuageux.	O.
23	756,00	+17,5	86	754,60	+20,5	75	752,50	+19,2	80	751,24	+14,7	91	+20,5	+11,2	Couvert.	S. S. O. fort.
24	752,58	+16,9	81	753,15	+19,5	77	753,98	+19,7	73	755,67	+12,0	88	+19,8	+12,0	Nuageux.	O. S. O.
25	755,65	+17,8	76	754,72	+19,5	65	754,10	+20,2	62	752,76	+15,0	79	+20,3	+ 9,5	Quelques éclaircies.	S. O.
26	751,82	+16,5	81	751,38	+19,6	71	751,90	+17,5	75	752,90	+13,3	97	+19,6	+12,8	Très-nuageux.	S. O.
27	752,90	+15,6	85	753,90	+14,5	80	754,8[illegible]	+17,2	69	757,23	+11,2	89	+17,3	+11,2	Quelques éclaircies.	O. N. O.
28	75[illegible]	+20,0	73	757,60	+22,0	70	757,66	+20,0	84	756,43	+17,0	91	+22,0	+ 9,0	Couvert.	S. S. O.
29	755,33	+21,6	81	753,85	+25,0	62	752,65	+24,6	66	752,30	+18,8	90	+25,3	+15,9	Nuageux.	S.
30	753,32	+18,1	92	751,38	+17,5	95	753,27	+19,9	86	753,90	+17,5	86	+19,9	+16,2	Couvert.	O.
31	750,74	+16,8	82	757,10	+19,5	66	757,75	+20,0	64	760,16	+14,1	79	+20,0	+11,0	Nuageux.	N. O.
1	756,79	+18,3	77	756,76	+20,7	69	756,39	+19,6	73	756,57	+14,9	89	+20,9	+12,1	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	755,80	+20,0	75	755,40	+21,8	69	754,89	+22,8	68	754,91	+16,4	89	+23,0	+13,1	Moyenn. du 11 au 20	Cour, 4,383
3	754,47	+18,7	79	754,19	+20,7	71	754,13	+20,2	71	754,77	+15,0	88	+21,3	+12,5	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 4,220
	755,65	+19,0	78	755,41	+21,1	70	755,11	+20,0	71	755,39	+15,4	89	+21,7	+12,5	Moyennes du mois, +17°,1.	

Sur *la Chaleur des gaz et des vapeurs.*

Par M. Poisson.

§ Ier. Soit ρ la densité d'un gaz, θ sa température en degrés du thermomètre centigrade, p la pression qu'il exerce sur chaque unité de surface, ou la mesure de sa force élastique, on aura :

$$p = a\rho\,(1 + \alpha\theta); \qquad (1)$$

α et a étant deux coefficiens, dont le premier est le même pour tous les gaz, et égal à 0,00375, et dont le second doit être donné pour chaque gaz en particulier. La quantité totale de chaleur contenue dans un poids donné de ce gaz, dans un gramme, par exemple, ne saurait être calculée ; mais on peut considérer l'excès de cette quantité sur celle que renferme un gramme du même gaz, sous une pression et à une température choisies arbitrairement. En désignant cet excès par q, ce sera une fonction de p, ρ et θ, ou simplement de p et de ρ, à cause que ces trois variables sont liées entr'elles par l'équation précédente ; ainsi nous aurons :

$$q = f\,(p, \rho);$$

f indiquant une fonction dont il s'agira de déterminer la forme.

La chaleur spécifique de ce gramme de gaz est la quantité de chaleur qu'il faudrait lui communiquer pour élever sa température θ d'un degré ; elle sera à très-peu près égale à $\frac{dq}{d\theta}$; mais on pourra la considérer sous

deux points de vue différens : en supposant la pression p constante, et laissant au gaz la liberté de se dilater, ou bien en le tenant sous un volume constant et supposant que la pression p augmente avec la température. Comme on a, en vertu de l'équation (1) :

$$\frac{d\rho}{d\theta} = -\frac{\alpha\rho}{1+\alpha\theta}, \quad \frac{dp}{d\theta} = \frac{\alpha p}{1+\alpha\theta},$$

il en résulte que si l'on désigne par c la chaleur spécifique du gaz à pression constante, et par $c_{,}$ sa chaleur spécifique à volume constant, on aura :

$$\left.\begin{aligned} c &= -\frac{dq}{d\rho}\,\frac{\alpha\rho}{1+\alpha\theta}, \\ c_{,} &= \frac{dq}{dp}\,\frac{\alpha p}{1+\alpha\theta}. \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Désignons ensuite par k le rapport de la première chaleur à la seconde, c'est-à-dire, faisons :

$$\frac{c}{c_{,}} = k;$$

nous en conclurons :

$$\rho\frac{dq}{d\rho} + kp\frac{dq}{dp} = 0. \quad (3)$$

Il est évident, *à priori*, que ce rapport k doit toujours surpasser l'unité; car il faut nécessairement plus de chaleur pour augmenter la température d'un gaz lorsqu'il se dilate que quand sa densité reste constante; mais l'expérience peut seule nous faire connaître la valeur de k pour les différens gaz, et comment cette valeur dépend de la pression et de la densité. Suivant

les expériences de MM. Gay-Lussac et Welter, citées dans la *Mécanique céleste* (*), cette quantité est sensiblement constante pour un même gaz, et pour l'air atmosphérique parfaitement sec, sa valeur est :

$$k = 1,3750.$$

Or, en supposant k indépendant de p et de ρ, l'intégrale de l'équation (3) sera :

$$q = f\left(\frac{p^{\frac{1}{k}}}{\rho}\right), \quad (4)$$

f désignant la fonction arbitraire. On en conclut :

$$p = \rho^k \varphi q;$$

et, à cause de l'équation (1),

$$1 + \alpha\theta = \frac{1}{a}\rho^{k-1}\varphi q;$$

φ étant une autre fonction. La quantité q restant la même, si p, ρ et θ deviennent p', ρ' et θ', on aura :

$$p' = \rho'^k \varphi q, \qquad 1 + \alpha\theta' = \frac{1}{a}\rho'^{k-1}\varphi q;$$

éliminant φq, et observant que $\frac{1}{\alpha} = 266°,67$, il vient :

$$\left.\begin{aligned} p' &= p\left(\frac{\rho'}{\rho}\right)^k, \\ \theta' &= (266°,67 + \theta)\left(\frac{\rho'}{\rho}\right)^{k-1} - 266°,67. \end{aligned}\right\} (5)$$

(*) Livre XII, page 97.

Ces équations (5) contiennent les lois de l'élasticité et de la température des gaz, comprimés ou dilatés, sans variation dans leur quantité de chaleur; ce qui aura lieu quand les gaz seront contenus dans des vases imperméables à la chaleur, ou bien, lorsque la compression, comme dans le phénomène du son, sera si rapide qu'on pourra supposer la perte de chaleur sensiblement nulle. Dans le briquet à air, par exemple, si le volume du fluide est réduit subitement de cinq à un, ou si l'on a $\rho' = 5\rho$, on trouvera, d'après la valeur de k:

$$\theta' - \theta = 221^\circ + (0,83)\,\theta,$$

où l'on voit que l'augmentation de température sera plus grande, lorsque la température primitive θ sera elle-même plus élevée : pour $\theta = 0$, on aura $\theta' = 221^\circ$, température que les physiciens regardent comme suffisante pour enflammer l'amadou dans l'air comprimé.

En éliminant ρ dans l'équation (4), au moyen de l'équation (1), on a :

$$q = f\left\{ a p^{\frac{1}{k} - 1} (1 + \alpha\theta) \right\}.$$

Pour déterminer la fonction arbitraire qu'elle contient, il est nécessaire de faire une nouvelle hypothèse; celle que M. Laplace a faite, dans le livre XII de la *Mécanique céleste*, consiste à supposer les accroissemens de chaleur d'un gaz proportionnels à ceux de sa température; ce qui exige que cette fonction soit du premier degré, par rapport à la variable qu'elle renferme; et, à cause de :

$$\alpha = \frac{1}{266,67},$$

il en résulte :

$$q = A + B\,(266,67 + \theta)\,p^{\frac{1}{k}-1}\,; \qquad (6)$$

A et B étant deux constantes arbitraires. Les chaleurs spécifiques c et $c_{,}$ seront alors :

$$c = Bp^{\frac{1}{k}-1}\,, \qquad c_{,} = \tfrac{1}{k}Bp^{\frac{1}{k}-1}\,.$$

Elles ne dépendront pas de la température θ, et elles seront connues à toutes les pressions lorsque l'une d'elles aura été donnée pour une pression déterminée. Suivant MM. Laroche et Bérard, on a $c = 0,2669$ pour l'air sous la pression de $0^{m},76$, la chaleur spécifique de l'eau à poids égal étant prise pour unité ; appelant donc P la pression correspondant à la hauteur barométrique $0^{m},76$, on aura :

$$0,2669 = BP^{\frac{1}{k}-1}\,;$$

d'où l'on conclut, en général,

$$c = (0,2669)\left(\frac{P}{p}\right)^{1-\frac{1}{k}}\,;$$

et la valeur de $c_{,}$ se déduira de celle de c en la divisant par k. Comme cette quantité k surpasse l'unité, on voit que la chaleur spécifique d'un gramme d'air, et généralement d'un gaz quelconque, augmentera lorsque la force élastique p deviendra plus petite.

Si l'on désigne par m la quantité de chaleur perdue

par un gramme d'air quand sa température s'abaisse de n degrés, la pression p restant constante, on aura :

$$m = n\,(0{,}2669)\left(\frac{P}{p}\right)^{1-\frac{1}{k}};$$

à volume égal et pour la même température primitive, le poids de l'air deviendra $\frac{p'}{p}$ grammes, sous une autre pression p' ; en appelant donc m' la perte de chaleur de cet autre volume pour un même abaissement de température, nous aurons :

$$m' = \frac{n\,p'}{p}\,(0{,}2669)\left(\frac{P}{p'}\right)^{1-\frac{1}{k}};$$

d'où l'on conclut,

$$\frac{m'}{m} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{1}{k}}, \qquad (7)$$

pour le rapport des quantités de chaleur perdues par un même volume d'air, sous des pressions différentes.

§ II. Les formules (6) et (7) sont extraites du livre XII de la *Mécanique céleste*. M. Laplace a aussi étendu la première à la vapeur d'eau ; ce qui suppose, 1°. que quand un gramme de vapeur est formé et qu'il ne s'en ajoute ni ne s'en précipite, le rapport de sa chaleur spécifique à pression constante, à sa chaleur spécifique sous un volume constant, est invariable ; 2°. que la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température de ce gramme de vapeur, d'un nombre quelconque de degrés, sous une pression constante, est proportionnelle à ce nombre. Cela étant, si l'on appelle C la quantité de cha-

leur nécessaire pour réduire en vapeur, sous la pression de $0^m,76$ et à la température de 100°, un gramme d'eau qui était d'abord à zéro; que l'on représente par Q, la chaleur nécessaire pour vaporiser ce même gramme d'eau et donner à la vapeur la température θ sous la pression quelconque p; que l'on désigne par γ la chaleur spécifique de la vapeur d'eau, sous la pression de $0^m,76$; enfin, si l'on remplace dans l'équation (6) la pression p par la hauteur barométrique qui lui sert de mesure, et que nous représenterons par h, il faudra que cette formule donne $Q=C$, quand $h=0^m,76$ et $\theta=100^\circ$, et $\frac{dq}{d\theta}=\gamma$, lorsque $h=0^m,76$; déterminant donc en conséquence les deux constantes arbitraires qu'elle contient, elle devient ensuite :

$$Q=C+\gamma\left\{(266,67+\theta)\left(\frac{0^m,76}{h}\right)^{\frac{k-1}{k}}-366,67.\right\}.\ (8)$$

Il serait à desirer que le degré d'exactitude de cette formule fût vérifié par l'expérience, et que les trois constantes C, γ et k qu'elle contient fussent déterminées avec précision.

Si l'on prend pour unité la chaleur spécifique d'un gramme d'eau ou la quantité de chaleur nécessaire pour élever sa température d'un degré, on aura à-peu-près :

$$C=650,$$

en adoptant la moyenne des valeurs trouvées pour cette quantité par différens physiciens. Suivant MM. Laroche et Bérard, on aura en même temps :

$$\gamma=0,8470.$$

A la vérité, ils n'ont pas donné cette valeur de γ avec une grande assurance ; mais il y a lieu de penser qu'elle ne s'écarte pas beaucoup de la vérité, et nous pouvons l'admettre jusqu'à ce qu'elle ait été modifiée par d'autres observations. Quant à la quantité k, nous ne connaissons pas encore d'expériences directes qui puissent servir à la déterminer ; mais nous pourrons conclure sa valeur approchée d'une remarque importante qui a été faite par plusieurs physiciens, et particulièrement par MM. Clément et Desormes.

D'après cette remarque, lorsqu'un espace est saturé de vapeur, la quantité de chaleur contenue dans chaque gramme de ce fluide est sensiblement la même à toutes les températures ; en sorte que si l'on met successivement, dans la valeur de Q, à la place de θ, différentes valeurs, et que l'on y substitue en même temps, à la place de h, les tensions de la vapeur au *maximum*, qui répondent à ces diverses températures, il faudra que la quantité Q demeure à très-peu près constante. Pour $\theta = 100^{\circ}$, la tension du *maximum* de vapeur est $h = 0^{m},76$: ces valeurs de θ et de h rendent nul le coefficient de γ dans la valeur de Q ; si donc on désigne par H la tension de la vapeur qui sature l'espace à une température quelconque θ, il faudra que ce même coefficient soit encore à-peu-près nul, quel que soit θ, quand on y mettra H à la place de h. Nous aurons donc cette équation approchée :

$$(266,67 + \theta)\left(\frac{0^{m},76}{H}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 366,67 = 0 ; \quad (9)$$

d'où l'on pourra tirer la valeur de k, en donnant à θ une valeur quelconque, pour laquelle la valeur correspon-

dante de H ait été déterminée par l'observation. Par exemple, d'après la table déduite des expériences de M. Dalton (*), on a $H = 0^m,088742$ quand $\theta = 50°$; au moyen de quoi l'équation précédente donne :

$$\frac{k-1}{k} = 0,0683 \text{ et } k = 1,073.$$

En employant les valeurs de H qui répondent à d'autres valeurs de θ, comprises entre zéro et 100°, on trouve des valeurs de k qui diffèrent à peine de celle-ci d'un centième en plus ou d'un demi-centième en moins. Nous nous en tiendrons donc à cette valeur de k; et en la joignant aux valeurs précédentes de C et de γ, la formule (8) deviendra :

$$Q = 650 + (0,847)\left\{(266,67 + \theta)\left(\frac{0^m,76}{h}\right)^{0,0683} - 366,67\right\}. \quad (10)$$

L'application de cette formule à des températures éloignées de 100° nous fera voir si, en effet, la quantité Q varie très-peu dans le cas de la saturation, ou quand $h = H$; or, pour $\theta = 0$, on a $H = 5^{mm},059$, et l'on trouve $Q = 658$; pour $\theta = -19°,59$, M. Gay-Lussac a trouvé $H = 1^{mm},3718$, et la formule donne $Q = 662$; pour $\theta = 140°$, plusieurs physiciens s'accordent à trouver H à très-peu près quadruple de sa valeur à 100° ou de $0^m,76$, et il en résulte $Q = 653$; enfin, suivant M. Christian, pour $\theta = 170°$, la valeur de H serait à-peu-près double de la précédente ou égale à huit fois $0^m,76$; ce qui donne $Q = 661$: ces valeurs de Q, comme on voit,

(*) *Traité de Physique* de M. Biot, tome 1er, page 531.

ne diffèrent pas beaucoup entr'elles, quoiqu'elles comprennent un intervalle de température de près de 200°, et que la tension de la vapeur ait varié depuis une tension presque nulle jusqu'à une tension de huit atmosphères. Ce résultat tient à ce que la quantité k, relative à la vapeur d'eau, surpasse très-peu l'unité; mais on ne pourrait pas supposer ce rapport tout-à-fait égal à un, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut. On ne devra pas oublier que la quantité Q n'est sensiblement constante que dans le cas du *maximum* de vapeur : quand l'espace ne sera pas saturé, la valeur Q donnée par l'équation (10) variera davantage avec h et θ. La chaleur spécifique de la vapeur ne dépendra que de h; en désignant par c cette chaleur sous une pression constante, on aura :

$$c = (0,847)\left(\frac{0^{m},76}{h}\right)^{0,0683}.$$

La chaleur spécifique sous un volume constant sera égale à cette quantité c, divisée par 1,073.

Au moyen de la valeur de k, on tire de l'équation (11):

$$H = (0^{m},76)\left(\frac{266,67+\theta}{366,67}\right)^{14,65}.$$

Si cette équation était exacte, c'est-à-dire, si la quantité Q était rigoureusement constante dans le cas de la saturation, cette formule exprimerait, dans ce même cas, la tension de la vapeur en fonction de sa température; mais, quoique Q varie très-peu, la valeur précédente de H s'écarte beaucoup trop de l'observation, dans les hautes pressions; et, par exemple, pour $\theta = 170°$, elle donnerait H égale à 13 atmosphères, au lieu de 8.

Cette formule ne représenterait aussi qu'imparfaitement les valeurs de H relatives à des températures inférieures à 100°.

Soit que la vapeur soit au *maximum*, ou que l'espace n'en soit pas saturé, l'équation (1), qui s'applique aux vapeurs comme aux gaz permanens, donnera toujours la densité ρ de la vapeur quand sa tension h et sa température θ seront connues; en appelant D la densité de la vapeur à 100° et sous la pression de $0^m,76$, on en conclura :

$$\rho = \frac{Dh}{0^m,76} \frac{366,67}{266,67+\theta}.$$

Le poids d'un litre d'air sec, à la température de 100° et sous la pression de $0^m,76$, est égal à $0^g,945$; celui d'un litre de vapeur d'eau en sera les $\frac{5}{8}$, ou égal à $0^g,59$; par conséquent le poids d'un volume v de vapeur à la température θ et à la tension h aura pour valeur :

$$\frac{vh}{0^m,76} \frac{187^g,33}{266,67+\theta};$$

l'unité de volume étant le décimètre cube. Donc, en appelant V la quantité de chaleur nécessaire pour former cette quantité de vapeur, l'eau étant primitivement à la température zéro, V sera le produit de ce nombre de grammes et de la quantité Q, donnée par l'équation (10), en sorte que nous aurons :

$$V = \frac{hv}{0^m,76} \frac{187,33}{266,67+\theta} Q.$$

L'unité à laquelle cette valeur de V est rapportée, est la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré

la température d'un gramme d'eau, laquelle quantité est, comme on sait, égale à 75 fois celle qu'il faut employer pour liquéfier un gramme de glace à la température zéro; par conséquent, si l'on prenait cette dernière quantité pour unité de chaleur, il faudrait multiplier l'expression de V par le nombre 75.

Dans les machines à vapeur, où l'on emploie ce fluide à l'état de saturation, la quantité Q ne varie pas sensiblement; le rapport de V à h, ou de la quantité de chaleur utilement employée à la pression exercée sur le piston, est donc, toutes choses d'ailleurs égales, en raison inverse de $266,67 + \theta$; ce rapport sera donc plus petit à mesure que la température θ de la vapeur sera plus élevée; et par conséquent la dépense de chaleur croîtra moins rapidement que la force produite. Mais l'économie de combustible qui en résulterait en faveur des machines à haute pression serait loin de répondre à celle que l'expérience paraît indiquer; et c'est dans une moindre perte de chaleur, ou dans d'autres circonstances relatives à leur construction, qu'on doit chercher une explication de l'avantage que ces machines présentent.

§ III. Supposons qu'on ait deux gaz différens, à la même température θ et sous la même pression p, et dont les volumes soient v et v'; si on les superpose dans un vase fermé dont la capacité soit $v + v'$, il est évident qu'ils pourront s'y tenir en équilibre, puisqu'ils ont la même température et qu'ils exerceront l'un contre l'autre la même pression; mais cet équilibre ne sera pas stable : l'expérience prouve que ces deux gaz se pénétreront graduellement, jusqu'à ce qu'ils soient complètement mêlés; et elle fait aussi voir que pendant cette

opération il n'y a ni perte ni absorption de chaleur, en sorte qu'après un certain temps, on a un mélange homogène dans lequel la proportion des deux gaz est partout la même, et dont la température et la pression sont toujours θ et p. De ces faits constatés par l'observation, on peut conclure un autre résultat que l'observation vérifie également.

Si l'on a deux gaz mêlés ensemble et remplissant un volume v, à la température θ, et si l'on désigne par p et p' les pressions que ces gaz exerceraient séparément, à la même température θ et sous ce volume v, la pression du mélange sera égale à $p+p'$. En effet, supposons d'abord que les deux gaz soient séparés, et soit $p'>p$; dilatons le gaz soumis à la pression p', sans changer sa température, et de manière que sa pression devienne égale à p : son volume sera alors égal à

$$\frac{vp'}{p};$$

supposons ensuite qu'on superpose les deux gaz dans un vase fermé, dont le volume soit :

$$v+\frac{vp'}{p} \quad \text{ou} \quad \frac{v}{p}(p+p');$$

ces gaz se mêleront sans variation de chaleur, d'après ce qu'on vient de dire, et l'on aura un mélange homogène à la température θ et sous la pression p. Or, la loi de Mariotte s'appliquant aux mélanges de gaz aussi-bien qu'aux gaz simples, si l'on comprime ce mélange sans changer sa température θ, jusqu'à ce que son volume

$$\frac{v}{p}(p+p')$$

soit devenu égal à v, sa pression p deviendra $p+p'$; ce

qu'il s'agissait de démontrer. Le même principe aura également lieu pour trois ou un plus grand nombre de gaz mêlés, et pour un mélange de gaz et de vapeur : la pression du mélange sera toujours égale à la somme des pressions que ces gaz ou vapeurs exerceraient isolément, à la même température et sous le même volume que le mélange. On peut voir, dans le livre XII de la *Mécanique céleste*, comment M. Laplace a déduit ce principe des hypothèses qu'il a faites sur la chaleur et le rayonnement des gaz; nous nous sommes seulement proposés de montrer sa liaison avec un autre fait d'expérience que nous avons d'abord énoncé.

Maintenant soient n et n' les nombres de grammes de deux gaz différens, mêlés ensemble et remplissant un volume v, à la température θ et sous une pression p; désignons par c et c' les chaleurs spécifiques d'un gramme de ces gaz, sous une pression constante et égale à p, et par c'' la chaleur spécifique d'un gramme du mélange sous la même pression, on aura :

$$(n+n')\,c''=nc+n'c'. \qquad (11)$$

En effet, si l'on suppose que les deux gaz, au lieu d'être mêlés ensemble, ne soient que superposés, en sorte qu'ils occupent, sous la pression p et à la température θ du mélange, des portions séparées u et u' du volume totale v; d'après ce qu'on a dit tout-à-l'heure, la quantité de chaleur sera la même dans les deux gaz superposés et dans le mélange des deux gaz; cette égalité de chaleur subsistera encore si l'on augmente d'un degré la température θ des gaz et du mélange : or, pour cette augmentation, il faudra communiquer une nou-

velle quantité $(n+n')\,c''$ de chaleur au mélange, et des quantités nc et $n'c'$ aux deux gaz ; la première quantité devra donc être égale à la somme des deux autres ; ce qui donne l'équation (11), que l'on étendra sans peine à un mélange d'un nombre quelconque de gaz et de vapeurs. Elle donnera la chaleur spécifique du mélange quand celles de tous les gaz ou vapeurs qui le composent seront connues ; réciproquement on pourra s'en servir pour trouver la chaleur spécifique de l'un des composans, d'après celles de tous les autres et du mélange. Ainsi, MM. Laroche et Bérard ayant déterminé la chaleur spécifique de l'air mêlé de vapeur d'eau, à la température de 39° et sous la pression de 0m,76, et connaissant d'ailleurs les nombres de grammes d'air sec et de vapeur contenus dans le mélange, ainsi que la chaleur spécifique de l'air sec sous la même pression, ils ont pu en conclure la chaleur spécifique de la vapeur d'eau, laquelle se rapportait aussi à la pression totale 0m,76, et non à la tension particulière de la vapeur, ce que ces physiciens avaient laissé indécis (*). Cette chaleur spécifique de la vapeur d'eau est la valeur de la quantité γ, dont nous avons fait usage dans le paragraphe précédent.

L'équation (11) subsistera encore si l'on y remplace les chaleurs spécifiques à pression constante, c, c' et c'', par les chaleurs spécifiques à volume constant qui leur correspondent, c'est-à-dire qu'en indiquant celles-ci respectivement par $c_{,}$, $c'_{,}$ et $c''_{,}$, on aura aussi :

$$(n+n')\,c''_{,} = n\,c_{,} + n'\,c'_{,}.$$

(*) *Annales de Chimie*, tome LXXXV, page 132.

Soient k, k', k'', les rapports de c à $c_{,}$, c' à $c'_{,}$, c'' à $c''_{,}$, en sorte qu'on ait :

$$c = k\, c_{,}, \quad c' = k'\, c'_{,}, \quad c'' = k''\, c''_{,},$$

on conclura de l'équation (11) et de la précédente :

$$k'' = \frac{n\, k\, c_{,} + n'\, k'\, c'_{,}}{n\, c_{,} + n'\, c'_{,}} ;$$

or, d'après ce qu'on a vu dans le § 1er, si les rapports k et k' relatifs aux deux gaz sont inégaux, les quantités $c_{,}$ et $c'_{,}$ seront exprimées par des puissances différentes de la pression p; d'où il résultera que le rapport k'' relatif au mélange ne sera pas indépendant de p. Ainsi, le rapport des deux chaleurs spécifiques, sous une pression constante et sous un volume constant, étant supposé constant pour un même gaz simple, et variable d'un gaz à un autre, il ne pourra être aussi constant pour un gaz composé de deux ou plusieurs gaz simples, ou de gaz et de vapeurs ; et si ce rapport a paru constant dans les expériences faites sur l'air atmosphérique à différentes pressions, c'est qu'apparemment sa valeur est sensiblement la même pour les deux gaz azote et oxigène, dont l'air est composé. En supposant ce rapport constant pour la vapeur d'eau, aussi-bien que pour l'air sec, sa valeur est très-différente dans ces deux fluides; il ne pourra donc pas être constant pour l'air mouillé, du moins lorsque la proportion de la vapeur d'eau sera un peu considérable. D'après cette remarque, les formules que nous avons réunies dans le § 1er ne s'appliqueront pas, à la fois, aux gaz simples et aux mélanges de gaz ou de vapeurs, puisqu'elles sont fondées sur l'invariabilité du rapport dont nous parlons.

Sur *le Titane.*

Par Mr Henri Rose.

(Extrait des *Mémoires* de l'Académie des Sciences de Stockholm, pour l'an 1821.)

I. *Préparation d'un oxide pur de titane.*

J'ai employé pour toutes mes expériences un oxide de titane provenant du ruthile de Saint-Yrieix, département de la Haute-Vienne, dont j'avais une grande quantité à ma disposition.

Les acides forts, même concentrés, n'attaquent pas le ruthile réduit en une poudre très-fine. L'acide hydrochlorique concentré dissout seulement une très-petite quantité de fer; la poudre prend alors une couleur moins foncée. L'eau régale produit le même effet. J'essayai de séparer le ruthile de l'oxide de fer en faisant passer du gaz hydrochlorique au-dessus de la surface de sa poudre, qui fut rougie au feu pendant l'opération. En effet, il se sublima une quantité assez considérable de chlorure de fer; mais il fut impossible de séparer entièrement, par cette opération, du ruthile, tout ce qu'il contenait d'oxide de fer.

Je fis fondre ensuite dans un grand creuset de platine la poudre du ruthile avec trois fois son poids de carbonate de potasse. Après chaque opération, je pus facilement distinguer deux couches; l'inférieure était brunâtre, la supérieure d'une couleur blanche ou verte, si

le ruthile employé contenait de l'oxide de manganèse; ce qui arrive quelquefois (1).

Après cela, le tout fut traité par l'eau; la combinaison insoluble de potasse et d'oxide de titane fut séparée par le filtre du carbonate de potasse superflu. L'eau de lavage fut claire aussi long-temps qu'il s'y trouva du carbonate de potasse; mais elle devint un peu trouble aussitôt que ce sel en fut parfaitement séparé.

La combinaison de potasse et d'oxide de titane fut ensuite traitée avec de l'acide hydrochlorique, dans lequel elle se dissout parfaitement moyennant une digestion tempérée. Après y avoir ajouté une certaine quantité d'eau, elle fut portée à l'ébullition pendant quelque temps; ce qui occasiona la séparation d'une majeure partie de l'oxide de titane. La liqueur, filtrée à chaud, passe claire; mais, en essayant de laver l'oxide de titane obtenu avec de l'eau pure, elle passe dans un état absolument trouble, même à travers le filtre le plus épais, et entraîne avec elle tout l'oxide de titane, de sorte qu'en continuant le lavage, il ne reste plus rien sur le filtre. Mais si l'eau de lavage contient une petite quantité d'un sel, d'un acide ou d'un alcali, elle perd cette propriété.

---

(1) On remarque également ces deux couches en faisant fondre de l'oxide pur de titane avec du carbonate de potasse; alors la couche inférieure, sans être d'une couleur brunâtre, est cependant un peu jaune, même en employant un oxide parfaitement blanc. On n'aperçoit cependant cette couleur jaunâtre que par le contraste qu'elle fait avec la couche supérieure, qui est d'un blanc parfait.

Pour effectuer le lavage, je me suis servi, au commencement, d'une dissolution de sel d'ammoniaque; le liquide filtré était clair, mais il ne passa que très-lentement. J'eus un meilleur résultat en lavant l'oxide de titane avec de l'eau, dans laquelle se trouvait un peu d'acide hydrochlorique. Il est vrai qu'alors une petite quantité d'oxide se dissout, mais aussi l'oxide de titane obtenu contient moins de fer qu'en employant de l'eau, où il se trouve de l'ammoniaque, parce que le but du lavage est alors à-peu-près manqué.

L'oxide de titane, après avoir été lavé avec de l'eau acide et rougi au feu, est d'une couleur jaunâtre; propriété que l'oxide pur de titane ne possède nullement. Celui-ci est d'un jaune de citron aussi long-temps qu'il se trouve exposé à la chaleur; mais, étant refroidi, il devient tout-à-fait blanc. La couleur jaunâtre de l'oxide refroidi provient d'une très-petite quantité d'oxide de fer, dont il ne peut être entièrement débarrassé par de l'eau rendue acide. On est donc obligé d'ôter du filtre l'oxide de titane encore humide, de le faire bouillir avec de l'acide hydrochlorique et de l'eau, de le filtrer de nouveau et de le laver ensuite avec de l'eau acide. Il est nécessaire de répéter plusieurs fois cette opération; car ce n'est qu'après six essais que j'ai obtenu un oxide parfaitement blanc.

La longueur de cette méthode et la perte qu'elle entraîne m'engagea à en chercher une autre. Je fis dissoudre dans l'acide hydrochlorique la combinaison d'oxide de titane et de potasse que j'avais obtenue par la fusion du ruthile avec le carbonate de potasse, et je précipitai l'oxide avec l'ammoniaque caustique. J'obtins un

précipité volumineux contenant autant d'oxide de fer que le ruthile même ; il est impossible de séparer le fer du précipité par l'acide hydrochlorique. Ayant mis le précipité encore humide dans une bouteille bouchée, j'y versai de l'hydrosulfure d'ammoniaque, et le tout fut laissé en digestion pendant un certain temps. Si le ruthile contient de l'oxide d'étain, celui-ci se trouve dissous ; le fer est changé en sulfure de fer, qui est décomposé par l'acide hydrochlorique étendu, et l'oxide de titane reste dans un état de pureté (1). L'oxide de titane pur pos-

---

(1) On sait qu'une dissolution de peroxide de fer, contenant de l'acide tartrique, ne peut être précipitée ni par les alcalis caustiques ni par leurs carbonates ou succinates ; il n'y a que la teinture de noix de galle, les dissolutions des cyanures de fer et de potassium et les hydrosulfures qui indiquent la présence du fer. Par conséquent, je croyais obtenir un oxide de titane parfaitement pur, en mêlant de l'acide tartrique à une dissolution qui contenait de l'oxide de titane et de l'oxide de fer, et en y ajoutant ensuite de l'ammoniaque pour pouvoir précipiter l'oxide de titane. Mais je trouvai que les dissolutions de beaucoup d'oxides contenant de l'acide tartrique ne peuvent être précipités ni par les alcalis caustiques ni par leurs carbonates, quoiqu'ils se précipitent parfaitement si cet acide y manque. Dans ce nombre se trouve l'oxide de titane, dont les dissolutions ne peuvent être précipitées ni par le carbonate de potasse ou d'ammoniaque, ni par l'ammoniaque caustique ; de même que l'alumine, dont la présence dans une dissolution ne peut pas être découverte lorsqu'il s'y trouve de l'acide tartrique, ainsi que l'oxide de manganèse, l'oxide de cérium, l'yttria, l'oxide de cobalt, l'oxide de nickel, la magnésie, le protoxide de fer (car l'ammoniaque

sède une couleur parfaitement blanche; rougi au feu, il s'approche du jaune de citron, qui cependant disparaît parfaitement par le refroidissement. Les acides ne peuvent dissoudre cet oxide après qu'il a été soumis à la chaleur rouge; ce qui cependant n'arrive pas avec l'oxide précipité par l'ébullition, car l'eau de lavage acide en dissout une petite quantité.

L'oxide de titane préparé par l'ébullition est sans doute le corps qui pénètre le plus les pores du papier le plus épais : lorsqu'une fois il a commencé à passer à

---

donne une couleur parfaitement verte à la dissolution de sulfate de fer, si celle-ci contient de l'acide tartrique; en la laissant exposée à l'air, elle prend une couleur jaune et contient du peroxide de fer); l'oxide de plomb lorsque la dissolution contient de l'acide nitrique, pour que le tartrate de plomb ne puisse se précipiter; l'oxide de cuivre, et enfin l'oxide d'antimoine, dont les dissolutions, contenant de l'acide tartrique, ne peuvent point être précipitées, non-seulement par les alcalis, mais même par l'eau qu'on peut y ajouter en quantité quelconque. J'ai employé cette propriété de l'oxide d'antimoine avec beaucoup de succès pour les analyses des sels et des minéraux d'antimoine. Quoique l'oxide de bismuth ne partage point cette propriété, ce n'est pas cependant un moyen de le séparer exactement de l'oxide d'antimoine. Ce n'est presque que l'acide tartrique qui possède la qualité remarquable de former des sels avec beaucoup d'oxides qui ne peuvent être précipités par les alcalis, quoique ceux-ci précipitent parfaitement ces oxides, réunis à d'autres acides. Ce ne sont que les acides phosphorique et arsenique qui, sous ce rapport, présentent quelqu'analogie.

travers le filtre dans un état trouble, le lavage avec de l'eau chaude acide devient même inutile.

L'oxide de titane fondu avec du carbonate de potasse, et sur lequel on a versé de l'acide hydrochlorique, se prend quelquefois en gelée. Je ne pus cependant obtenir une gelée aussi épaisse que celle de la silice.

L'oxide de titane rougi, mis en contact avec du papier bleu de tournesol et humecté d'une goutte d'eau, devient rougeâtre, sans que cependant la couleur du papier soit affectée. L'effet de cet oxide sur le tournesol se montre plus distinctement encore en mettant une petite partie réduite en poudre sur une goutte de teinture de tournesol placée sur une surface blanche. L'oxide se teint en rouge aussitôt qu'il est mis en contact avec la teinture.

L'oxide de titane forme avec les alcalis des combinaisons où il joue absolument le role d'un acide. Il est vrai qu'il se combine aussi avec les acides, en formant des précipités insolubles qui cependant ne possèdent aucune des qualités qu'on remarque dans les sels, de sorte qu'on peut les regarder avec plus de raison comme des acides doubles; car, considérés comme sels, ils possèdent plus que tout autre un excès d'oxide, et néanmoins ils rougissent considérablement le papier de tournesol. L'oxide de titane possédant par conséquent les qualités les plus prononcées d'un corps électro-négatif, le nom d'*acide titanique* lui convient sans doute mieux que celui d'oxide de titane, parce que sous le nom d'*oxide* on comprend ordinairement un corps électro-positif. Je me servirai donc, par la suite, du terme d'*acide titanique* au lieu d'oxide de titane.

L'acide titanique, comme l'acide tantalique et la silice, est un des acides les plus faibles à la température ordinaire. Son affinité, très-faiblement prononcée, empêche de bien reconnaître ses propriétés; il est surtout difficile de trouver sa capacité de saturation et sa quantité d'oxigène, et incontestablement l'analyse d'aucun corps ne présente autant de difficultés que celle de l'acide titanique.

Pour reconnaître la capacité de saturation de l'acide titanique, j'essayai d'abord d'examiner ses combinaisons avec les alcalis, ensuite celles de quelquesacides avec lesquels il forme des précipités insolubles, et ce n'est qu'après avoir vu l'impossibilité d'obtenir un résultat satisfaisant, tant par ces expériences que par quantité d'autres, que j'entrepris enfin de combiner le titane avec le soufre, et les conséquences auxquelles l'analyse du sulfure de titane me conduisit pour la composition de l'acide titanique sont les seules dont je fus satisfait.

II. *Combinaisons de l'acide titanique avec les alcalis.*

Des Titanates acides.

J'obtins du titanate acide de soude, en faisant fondre de l'acide titanique avec du carbonate de soude en excès; traitant ensuite la masse fondue avec de l'eau, et séparant enfin le résidu blanc insoluble par le filtre. L'eau de lavage reste limpide aussi long-temps qu'elle contient du carbonate de soude; elle devient un peu trouble lorsque ce sel y a disparu; inconvénient qui peut être évité en étendant le liquide avant de le filtrer avec beaucoup d'eau.

Le titanate acide de soude séché à une chaleur tempérée s'est trouvé composé, à la première analyse, de

Acide titanique,	74,73;
Soude,	15,14;
Eau,	10,13;
	100,00;

et, à la seconde, de

Acide titanique,	75,47;
Soude,	15,30;
Eau,	9,23.
	100,00.

Le sel sec contient par conséquent, d'après la première analyse :

Acide titanique,	83,15;
Soude,	16,85;
	100,00;

et, d'après la seconde :

Acide titanique,	83,14;
Soude,	16,86.
	100,00.

L'acide hydrochlorique concentré, mis en contact avec ce titanate acide de soude sec, ne prive point celui-ci entièrement de toute la soude. Le reste d'acide titanique, combiné avec une partie de soude, peut être considéré comme un titanate plus acide encore. Je l'ai trouvé composé, dans un premier essai, de

Acide titanique,	96,20;
Soude,	3,80;
	100,00;

et, dans un second, de

Acide titanique,	96,56;
Soude,	3,44.
	100,00.

Les expériences entreprises avec le titanate acide de potasse ne correspondent point aux résultats obtenus avec le titanate acide de soude. Le titanate acide de potasse, rougi au feu, s'est trouvé composé, dans un premier essai, de

Acide titanique,	81,99;
Potasse,	18,01;
	100,00;

et, dans un second, de

Acide titanique,	82,67;
Potasse,	17,33.
	100,00.

Le titanate de potasse, plus acide encore, se trouvait composé de

Acide titanique,	91,30;
Potasse,	8,70.
	100,00.

Des Titanates neutres.

La composition des sels dont nous venons de parler ne nous permet nullement de conclure la capacité de saturation de l'acide titanique. Je fus donc obligé d'imaginer une autre méthode, et j'en trouvai enfin une dont le résultat fut satisfaisant.

En faisant fondre de l'acide titanique avec du carbonate de potasse en excès, l'acide carbonique se dégage; il se forme, comme je l'ai remarqué plus haut, deux couches distinctes : la supérieure se compose de carbonate de potasse superflu, et l'inférieure de titanate neutre de potasse. Néanmoins la première en contient aussi une partie, quoique peu considérable. Avec une connaissance exacte des quantités d'acide titanique et de carbonate de potasse, il est facile d'établir un rapport entre l'oxigène que contient l'acide carbonique dégagé et celui qui se trouve dans l'acide titanique; car, ou les deux quantités d'oxigène sont égales, ou l'une est le multiple de l'autre. Pour savoir si cette conséquence répondait à l'expérience, j'examinai de cette manière d'autres corps électro-négatifs dont la quantité d'oxigène était déjà connue. Je fis fondre dans un petit creuset de platine des quantités déterminées de silice et de carbonate de potasse, et je trouvai que, à chaque essai, la quantité d'oxigène de l'acide carbonique dégagé était égale à la quantité d'oxigène de la silice employée, comme les expériences de M. Berzelius l'indiquent, de sorte que son résultat est presque le terme moyen des miens. J'obtins, en trois essais, 50,14; 50,90 et 49,79 pour

cent d'oxigène, tandis que M. Berzelius a obtenu 50,3 (1).

Les essais cependant ne sont pas aussi simples qu'ils le paraissent au premier coup-d'œil. Pour obtenir un résultat exact, on est obligé de prendre en considération beaucoup de circonstances minutieuses; et ce n'est qu'après quantité d'expériences manquées que je parvins au but. D'abord on ne peut faire ces essais qu'avec de très-petites quantités, parce qu'il faut que la fusion se fasse sur une lampe à double courant et à esprit-de-vin, et non sur de la braise; il faut en outre avoir une balance sensible au poids d'un demi-milligramme, à cause des petites quantités employées; et ce n'est enfin qu'après m'être servi de carbonate de soude que j'ai obtenu des résultats exacts.

Voici les résultats de mes expériences pour trouver la capacité de saturation de l'acide titanique en le fondant avec du carbonate de soude en excès :

	Quantité de l'acide titanique employé.	Quantité de l'oxigène de l'acide titanique, calculée d'après l'analyse du sulfure de titane.	Quantité du carbonate de soude employé.	Poids de la masse fondue.	Quantité de l'acide carbonique dégagé.	Quantité d'oxigène de l'acide carbonique dégagé.
Ier Essai.	0,544	0,1847	2,595	2,887	0,252	0,183
IIe Essai.	0,624	0,212	3,684	3,990	0,318	0,231
IIIe Essai.	0,469	0,16	2,453	2,922	0,234	0,169
IVe Essai.	0,3055	0,109	4,255	4,413	0,1475	0,107
Ve Essai.	0,498	0,169	4,112	4,380	0,23	0,167

(1) Il se forme ici par conséquent un bi-silicate de potasse dans lequel la quantité d'oxigène de la silice est en rapport à la quantité d'oxigène de la base, comme 2 : 1; ce qui est parfaitement analogue au carbonate de potasse.

Je considère toutes ces combinaisons comme des titanates neutres; l'eau les décompose en ôtant une partie de la potasse, ce qui forme des combinaisons acides insolubles. Lors de la fusion de l'acide titanique avec le carbonate de potasse, les titanates neutres forment la couche inférieure, tandis que l'excès du carbonate forme la couche supérieure. Dans ces titanates neutres, l'oxigène de l'acide est à celui de la base, comme 2:1. L'acide titanique contenant, d'après mes expériences avec le sulfure de titane, 33,95 pour cent d'oxigène, la capacité de saturation de l'acide titanique doit être par conséquent 16,98.

Il est difficile de déterminer le point de saturation des titanates acides insolubles. Cent parties de titanate de soude acide contiennent, d'après les deux premières analyses, 28,35 p. c. d'oxigène dans l'acide titanique, et 4,31 p. c. dans la soude; la quantité de l'oxigène de l'acide titanique est par conséquent plus de six fois plus grande que celle de l'oxigène dans la soude; mais la détermination exacte de ces sels présente cependant beaucoup de difficultés; la moindre inexactitude dans la quantité de l'alcali produit une grande différence dans les résultats, celui-ci ne contenant que peu d'oxigène.

III. *Combinaisons de l'acide titanique avec les acides.*

Tous les chimistes qui se sont occupés du titane ont admis des sels titaniques où l'oxide de titane a été considéré comme base. D'après eux, les sulfates, nitrates et hydrochlorates, soumis à l'évaporation, cristallisent d'eux-mêmes; mais comme presque toujours ils ont pris pour de l'acide titanique pur sa combinaison avec les alcalis,

leurs sels titaniques ne sont, comme je le crois, que des combinaisons des alcalis avec les acides employés. En effet, en faisant dissoudre du titanate acide de potasse dans de l'acide hydrochlorique, on obtient des cristaux qui ont la forme de cubes. Examinés de près, on trouve cependant que ces cristaux ne sont que du chlorure de potassium. Je crois même pouvoir affirmer qu'il n'existe aucune combinaison où l'oxide de titane puisse être considéré comme base. Il est vrai qu'en faisant dissoudre du titanate de potasse acide dans de l'acide hydrochlorique, on obtient avec quelques acides des précipités qui ne contiennent point de potasse; mais ceux-ci alors ne possèdent aucune des qualités qui caractérisent les sels; car, considérés comme tels, la quantité de base excède tellement celle d'acide, que nous ne trouvons pas entre les combinaisons connues un rapport semblable; cependant ils rougissent tous fortement le papier de tournesol. On est donc obligé de considérer ces précipités comme des acides doubles insolubles, analogues aux combinaisons de l'acide tartrique avec quelques autres acides, d'après les expériences de M. Berzelius.

En faisant dissoudre du titanate de potasse acide dans de l'acide hydrochlorique, on obtient, en délayant avec de l'eau la solution filtrée, des précipités blancs par les acides sulfurique, arsenique, phosphorique, oxalique et tartrique, tandis que les acides nitrique, acétique et succinique ne font voir aucun précipité. Tous ces précipités se dissolvent non-seulement dans un excès de l'acide employé, mais aussi dans un excès de la solution du titanate. Les liqueurs séparées par le filtre contiennent de la potasse.

Combinaison de l'acide titanique avec l'acide sulfurique.

En rougissant au feu cette combinaison, l'acide sulfurique s'évapore avec l'eau de cristallisation, et l'acide titanique reste dans un état de pureté. Cette combinaison, séchée légèrement, attire tellement l'humidité de l'air qu'il est est difficile d'en obtenir de certaines quantités pour les soumettre à l'analyse ; les résultats obtenus ne peuvent donc être qu'approximatifs. Le papier de tournesol mouillé en est fortement rougi.

Cent parties de la combinaison rougie au feu perdirent, en quatre essais, 24,14, 22,80, 23,80 et 23,33 pour cent. Pour faire l'analyse de cette combinaison, elle fut dissoute dans l'acide hydrochlorique concentré moyennant une digestion tempérée; la solution fut étendue et l'acide titanique fut précipité par l'ammoniaque. Enfin, la liqueur filtrée, à laquelle j'avais ajouté de l'acide en excès, fut précipité par le chlorure de barium. Deux expériences me donnèrent les résultats suivans :

I.	Acide titanique,	76,83.	II. 76,50.
	Acide sulfurique,	7,78.	7,56.
	Eau,	15,39.	15,94.
		100,00.	100,00.

Combinaisons de l'acide titanique avec les acides arsenique et phosphorique.

L'extérieur de ces deux combinaisons ressemble parfaitement à l'alumine; séchées, elles sont luisantes comme la gomme arabique.

Combinaison de l'acide titanique avec l'acide oxalique.

Cette combinaison, rougie au feu au contact de l'air; perd l'acide acétique et l'eau de cristallisation. Sa perte est alors 25,87 pour cent. Pour analyser cette combinaison, je m'y suis pris de la manière suivante : je fis un petit ballon d'un tube de verre et j'en déterminai le poids; après y avoir mis la combinaison, je le pesai de nouveau, et lui ayant donné la forme d'une cornue, il fut réuni à un autre petit ballon par un tube élastique (1) qui communiquait à un tube de verre rempli de chlorure de calcium moyennant un second tube élastique. La cornue fut chauffée ensuite, l'eau se condensait en partie dans le ballon, et en partie se réunissait au chlorure de calcium, et les gaz se dégagèrent. L'acide titanique rougi était d'une couleur grisâtre; c'est pourquoi je le fis rougir de nouveau au contact de l'air; ce qui occasiona encore une perte de quelques milligrammes. En deux essais, cent parties se trouvèrent composées de

	I.	II.
Acide titanique,	74,42.	73,77.
Acide oxalique,	10,25.	10,56.
Eau,	15,33.	15,67.
	100,00.	100,00.

(1) Ces tubes, construits par M. Berzelius, sont formés de gomme élastique.

Combinaison de l'acide titanique et de l'acide tartrique.

Cette combinaison a beaucoup d'analogie avec la précédente. Rougie au contact de l'air, il est difficile de lui donner une couleur blanche. En la faisant rougir sans le contact de l'air, on obtient une poudre noire d'un aspect métallique, semblable au carbure de titane. Cette poudre cependant, fondue avec du carbonate de soude, devint blanche, et, traitée par l'eau, il se déposait du titanate acide de soude sans qu'une poudre métallique s'y trouvât. Je ne déterminerai point si cette poudre noire était du carbure de titane qui, moyennant l'alcali, s'était oxidé aux dépens de l'acide carbonique et de l'air atmosphérique.

Combinaison de l'acide titanique avec la silice.

En faisant fondre de l'acide titanique pur et un excès de silice avec du carbonate de potasse, et la masse fondue étant ensuite traitée par l'eau, l'excès de silice se dissout dans l'eau moyennant la potasse, et on obtient une combinaison insoluble d'acide titanique, de silice et de potasse. Cette combinaison peut être rangée parmi les sels composés d'une base et de deux acides, dont nous ne pouvons produire, dans nos laboratoires, qu'un très-petit nombre et comme la nature les a formés dans le Datholite et le Botryolite. Il se dissout facilement, même à une température ordinaire, dans l'acide hydrochlorique; la dissolution, étendue avec de l'eau et portée à l'ébullition pendant un certain temps, forme sur sa surface une pelli-

cule qui, aussitôt qu'elle est séparée du liquide, se trouve remplacée par une nouvelle. Le précipité obtenu est un peu soluble dans l'eau. On peut assez bien séparer l'acide titanique de la silice en précipitant, par l'ammoniaque, une dissolution de ce sel double dans l'acide hydrochlorique, en séchant le précipité à une chaleur très-modérée, et en le traitant ensuite par l'acide hydrochlorique concentré, qui laisse la silice insoluble. Klaproth s'est déjà servi de ce procédé lors de son analyse du titanite; cependant ses résultats ne sont pas constans, et ils diffèrent aussi de ceux que j'ai obtenus.

Ce sel double, dont nous venons de parler, est d'autant plus remarquable que le titanite (sphène) lui est analogue, celui-ci étant composé d'acide titanique, de silice et de chaux. J'ai analysé le titanite jaune d'Arendal, qui se trouve dans les mines de fer d'Arendal, et le titanite brun de Gustafsberg en Jemtland, qu'on rencontre dans le granite, et j'ai trouvé que la quantité d'oxigène de l'acide titanique est égale à celle de la silice, et que chaque acide contient trois fois plus d'oxigène que la chaux, de sorte que la formule minéralogique est $CS^6 + CT^6$.

IV. *Essais pour réduire l'acide titanique et pour combiner le titane avec le soufre.*

MM. Hecht, Vauquelin et Laugier ont essayé de réduire l'acide titanique par le charbon; ils n'ont presque obtenu que du carbure de titane et seulement une très-petite quantité de titane métallique; ce qui

même n'est pas prouvé. Ayant trouvé ce produit insoluble dans tous les acides et même dans l'eau régale, ils n'ont pu déterminer la quantité d'oxigène contenu dans l'acide titanique. Le carbure de titane brûlé dans l'oxigène n'aurait même point donné des résultats exacts, ce produit pouvant être mélangé de beaucoup d'acide titanique.

Récemment encore MM. Faraday et Hodart, lors de leurs travaux sur l'acier, ont en vain essayé d'allier le titane au fer, malgré l'extrême chaleur qu'ils ont employée; ce qui déjà n'a point réussi à MM. Vauquelin et Hecht. Je n'ai pas été plus heureux en voulant allier le zinc au titane. J'ai donc mêlé l'acide titanique avec une grande quantité de zinc distillé réduit en poudre, et j'ai rougi au feu la masse jusqu'à ce que le zinc commençât à se sublimer. Le tout fut alors traité par l'acide hydrochlorique, qui fit dissoudre le zinc en laissant une poudre noire non métallique, qui résista même à l'action de l'eau régale bouillante. Elle était, lorsqu'elle fut entièrement séchée, d'un poids égal à celui de l'acide titanique employé; et rougie au feu au contact de l'air, elle prit une couleur blanche sans rien perdre de son poids.

L'hydrogène n'attaquant nullement l'acide titanique rougi au feu, j'essayai si, en employant de l'hydrogène sulfuré, je pourrais obtenir quelque résultat; mais ce fut de même en vain : je ne pus obtenir qu'une poudre noire sans trouver de sulfure de titane.

Le sulfure de potassium et l'acide titanique fondus ensemble ne produisent également point de sulfure de titane.

Je ne pus enfin obtenir un résultat qu'en faisant passer du carbure de soufre à travers de l'acide titanique, ce dernier se trouvant dans un tube de porcelaine exposé à un feu très-violent. Ce n'est cependant qu'après beaucoup d'opérations manquées que je parvins au but. Il est vrai que j'obtins toujours du sulfure de titane, mais, au commencement, je ne pouvais point combiner avec le soufre toute la quantité d'acide titanique; celui-ci se trouvait mêlé avec le sulfure de titane. Il y a de nombreuses précautions à observer, et ce n'est qu'à la fin que j'obtins du sulfure de titane, dont la combustion me donnait des résultats constans.

Le sulfure de titane est d'un vert foncé; au moindre contact avec un corps dur, il prend un éclat métallique très-fort, semblable à celui du cuivre jaune. Chauffé au contact de l'air, il s'allume, brûle avec une flamme de soufre et est changé en acide titanique. En le chauffant dans une petite cornue à col étroit, il se sépare un peu de soufre; ce qui cependant n'a lieu que lorsque l'orifice n'est point bouché. Il s'échauffe lorsqu'on y verse de l'acide nitrique; il se dégage des vapeurs nitreuses, la liqueur devient laiteuse, et l'acide titanique, réduit en une poudre très-fine, se dépose au fond : en faisant bouillir la liqueur, le soufre se condense et se met en boules.

Pour analyser le sulfure de titane, j'eus recours à la combustion, le moyen le plus simple et le plus sûr; ce qui eut lieu sur une plaque de platine très-mince, dont les bords étaient un peu relevés et au-dessus d'une lampe à l'esprit-de-vin et à double courant. Je pris, à cet effet, des morceaux choisis qui étaient durs et solides, et qui

au moindre frottement brillaient d'un éclat métallique très-fort.

1,017 gr. de sulfure me donnèrent, par la combustion, 0,757 gr. d'acide titanique parfaitement pur. Lors de la combustion du sulfure de titane, un atome de soufre est remplacé par un atome d'oxigène si la proportion de soufre du sulfure correspond à celle de l'oxigène de l'acide : or, la différence du poids des atomes de l'oxigène et du soufre ou 101,16 (un atome de soufre pesant 201,16 et un atome d'oxigène 100) est à 100, comme la différence de 1,017 gr. et 0,757 gr., ou 0,260 est à la quantité d'oxigène contenue dans 0,757 gr. d'acide titanique. Donc l'acide titanique contient 33,95 pour cent d'oxigène. Je regarde ce nombre comme le plus exact de ceux que j'ai obtenus. Deux autres essais me donnèrent 0,533 gr. d'acide titanique, pour 0,7105 gr. de sulfure; et 0,268 gr. d'acide titanique pour 0,359 gr. de sulfure : le premier nombre est équivalent à 32,95, et le second à 33,19 pour cent. Je n'ai point pris le terme moyen de ces essais, parce que le nombre le plus fort devait être certainement le plus exact.

L'acide titanique serait donc composé de :

Titane,	66,05;
Oxigène,	33,95.
	100,00.

Et le sulfure de titane de :

Titane,	49,17;
Soufre,	50,83.
	100,00.

Pour savoir si le degré d'oxidation du titane correspondait à son degré de sulfuration, je fis digérer du sulfure de titane avec une dissolution de potasse caustique. Le sulfure fut bientôt décomposé. Il se précipita du titanate de potasse acide d'une couleur blanche, et ayant traité la liqueur filtrée avec de l'acide hydrochlorique, il se dégagea de l'hydrogène sulfuré ; cependant la liqueur resta claire et il ne se déposa point de soufre. Le sulfure de titane ne pouvait donc être changé en acide titanique que par l'eau et moyennant la potasse ; pendant qu'un atome d'oxigène de l'eau se combinait au métal, les deux atomes de l'hydrogène se combinaient au soufre, et formaient de l'hydrogène sulfuré qui se dégageait après que j'y eus ajouté de l'acide hydrochlorique (1).

---

(1) J'espérais, après avoir employé le carbure de soufre avec tant de succès pour désoxider l'acide titanique et combiner le titane au soufre, pouvoir me servir de ce même moyen pour changer en sulfures d'autres oxides métalliques qu'on n'avait pu jusqu'ici ni réduire ni combiner au soufre.

J'obtins, en effet, du sulfure de tantale, qui, en traitant l'acide tantalique de la même manière que l'acide titanique mis en contact avec un corps dur, prit un éclat métallique très-fort d'une couleur grise. Chauffé au contact de l'air, il brûlait avec une flamme de soufre comme le sulfure de titane, et se changea en acide tantalique d'une couleur blanche. L'acide nitrique l'attaque fortement et le change en une poudre de la même couleur.

J'obtins, en traitant de la même manière l'oxide d'urane vert, un sulfure d'urane qui prit une couleur noire et métal-

V. *Du Précipité bleu que le zinc, le fer et l'étain produisent dans les solutions de titane.*

On a pris ce précipité bleu pour de l'oxide de titane sans avoir de preuves suffisantes; cependant tout me fait présumer que la couleur bleue provient d'un oxide; car, en soumettant l'acide titanique avec un flux à la flamme intérieure du chalumeau, on obtient un vert bleu. Si une dissolution de titanate de potasse acide dans l'acide hydrochlorique est parfaitement claire avant d'y avoir mis du zinc, la liqueur bleuâtre reste transparente au commencement, et le précipité bleu ne se forme qu'après avoir ôté le zinc et mis le vase hors du contact de l'air. Ce précipité devient blanc même lorsqu'il se trouve dans des vases parfaitement clos. En précipitant, au contraire, la liqueur bleue et limpide avec de l'ammoniaque ou de la potasse caustique, après en avoir ôté le zinc, le précipité bleu qui se forme prend peu à peu une couleur blanche pendant qu'une grande quantité de bulles de gaz hydrogène se dégagent. L'oxide de titane possède donc la faculté, bien

---

lique lorsqu'on le frotta. Chauffé au contact de l'air, il s'enflamme et il devient de nouveau un oxide vert.

La silice et l'alumine, soumises à plusieurs reprises aux vapeurs du carbure de soufre, ne furent point altérées. Je m'attendais à ce résultat négatif, les tubes de porcelaine dont je m'étais servi n'ayant point été attaqués. Je serais cependant curieux d'examiner si le carbure de soufre n'attaque pas la silice et l'alumine en employant une chaleur plus intense que celle dont je pus disposer.

remarquable sans doute, de pouvoir décomposer l'eau. On doit attribuer à l'affinité de l'acide titanique produit, pour les alcalis, cette décomposition d'eau qui n'a pas lieu sans leur présence (1).

Je n'ai point obtenu de résultats satisfaisans en voulant analyser l'oxide de titane. Je décomposai une dissolution limpide de titanate acide de potasse dans l'acide hydrochlorique, par le zinc pur distillé dont j'avais déterminé le poids, et je recueillis l'hydrogène qui se dégageait. Le gaz devait être dégagé par la dissolution du zinc dans l'acide hydrochlorique; son volume devait m'enseigner par conséquent la quantité de zinc qui était nécessaire pour le produire. Le zinc disparu, moins la quantité dont nous venons de parler, pouvait m'indiquer combien l'acide titanique avait perdu d'oxigène en se changeant en oxide de titane; car on sait qu'il n'y a point de dégagement d'hydrogène lorsqu'un métal est réduit par un autre. Connaissant la quantité d'oxigène de l'acide titanique, il m'était facile de calculer combien il devait en avoir perdu pour être changé en oxide. L'opération dura pendant trois semaines. Cependant, après un dégagement considérable d'hydrogène, le précipité bleu qui s'était formé devint blanc, quoiqu'il se trouvât un excès de zinc, et que le vase fût continuellement privé du contact de l'air.

---

(1) Ce fait me paraît analogue à celui qu'on observe lorsque le fer et le zinc décomposent l'eau moyennant un acide.



VI. *Du Poids de l'atome de titane.*

M. Mitscherlich a fait l'observation intéressante que les octaèdres à base carrée du ruthile et du zinnstein sont les mêmes dans toutes leurs formes, et même dans leurs hémitropies; cependant la partie essentielle du zinnstein est le peroxide d'étain, de même que celle du ruthile l'acide titanique. Le peroxide d'étain et l'acide titanique doivent donc être isomorphes. D'autres observations rendent cela d'autant plus vraisemblable que M. Mitscherlich a remarqué beaucoup d'analogie dans les propriétés chimiques des corps isomorphes. Enfin, l'acide titanique, quelque paradoxal qu'il soit d'ailleurs, ne possède avec aucun oxide métallique autant de ressemblance qu'avec le peroxide d'étain. Ces deux corps sont des acides faibles à la température ordinaire, qui font dégager l'acide carbonique en les fondant avec les carbonates des alcalis; il se dégage alors un poids d'acide carbonique dont la quantité d'oxigène est égale à celle qui se trouve dans les acides employés (1).

Après avoir été rougis au feu, tous les deux sont insolubles dans les acides les plus forts. Leurs combinaisons avec les acides qui sont volatils ou qui peuvent être

---

(1) Je fondis 0,313 gr. de peroxide d'étain rougi au feu avec 3,586 gr. de carbonate de soude. Le poids de la masse fondue était 3,805 gr.; la quantité d'acide carbonique dégagé était donc 0,094 gr., qui contient 0,068 d'oxigène. Mais 0,313 gr. de peroxide d'étain contiennent 0,067 gr. d'oxigène. Ici, la masse fondue avait aussi formé deux couches distinctes.

détruits par le feu donnent, après les avoir poussées au rouge, du peroxide d'étain et de l'acide titanique.

L'acide titanique doit avoir deux ou quatre atomes d'oxigène, d'après sa capacité de saturation. D'après M. Berzelius, le peroxide d'étain a 4 atomes d'oxigène. En admettant donc un égal nombre d'atomes pour l'acide titanique, un atome de titane peserait 778,20, en prenant le nombre 100 pour le poids de l'atome d'oxigène.

Sur *l'Analyse médiate des substances végétales et animales.*

Par le Dr Andrew-Ure.

(Extrait des *Annals of Philosophy* par M. Anatole-Riffault.)

Les chimistes français qui, les premiers, firent usage du peroxide de cuivre pour les analyses des substances organiques, connaissant avec quelle rapidité il absorbe l'humidité de l'atmosphère, recommandèrent de l'employer immédiatement après sa calcination, et même de le triturer, dans un mortier chaud de verre ou d'agate, avec la substance qu'il s'agissait d'analyser. Cette précaution néanmoins ne suffit pas encore pour écarter tout-à-fait l'erreur provenant de l'action hygrométrique, et j'ai reconnu que le peroxide, traité de cette manière, attire, pendant la trituration assez longue qu'exige le procédé, une certaine quantité d'humidité qui, si l'on n'en tient compte, peut conduire à des résultats fort éloignés de la vérité. Il vaut donc bien mieux aban-

donner le peroxide pulvérisé, dont on veut faire usage, à l'action libre de l'atmosphère pendant un temps suffisant, pour qu'il se mette en équilibre hygrométrique, l'enfermer ensuite dans un flacon et déterminer la proportion d'humidité qu'il contient en en calcinant 100 parties dans un tube de verre convenable. On connaîtra alors le nombre constant qui devra être retranché, dans tout le cours des expériences, de la perte de poids éprouvée par l'oxide de cuivre : le mortier dans lequel on pulvérise doit être bien sec, sans cependant être chaud.

Les analystes se sont toujours donné beaucoup de peine pour amener les différens objets de leurs recherches à un état de dessiccation parfaite avant de les mêler avec le peroxide de cuivre; mais cette opération introduit encore une nouvelle cause d'erreur semblable à celle dont il vient d'être question. La manière que j'ai adoptée pour dessécher les matières semble remplir convenablement cet objet. Après avoir introduit la substance végétale ou animale, réduite en poudre, dans de petits flacons de verre fermant à l'émeri, je les place, tout débouchés, au milieu d'un bain de sable chauffé à 100 cent., et contenu dans une capsule de porcelaine posée audessus d'une certaine quantité d'acide sulfurique concentré, sous le récipient privé d'air. Après qu'ils y ont demeuré une heure ou plus, on enlève le récipient et on bouche à l'instant les flacons. La perte de poids indique la quantité totale d'humidité que chacun d'eux a abandonnée; et en les laissant ensuite débouchés à l'air libre pendant quelque temps, on connaît à quoi s'élève l'absorption hygrométrique, et c'est cette proportion

d'humidité qu'il faut par conséquent déduire en calculant les résultats de l'expérience.

Plusieurs chimistes, particulièrement en Angleterre, ont employé la chaleur de la lampe à esprit-de-vin, au lieu de celle produite par la combustion du charbon, pour chauffer au rouge le tube qui renferme le mélange. Ayant comparé avec beaucoup d'attention ces deux méthodes, je me suis convaincu que, pour plusieurs corps tels que la houille et la résine, qui contiennent une grande proportion de carbone, la flamme de la lampe est insuffisante; et que sa chaleur, ne pouvant être appliquée à la fois qu'à une petite portion du tube, ne peut procurer cette température rouge uniforme qui est nécessaire vers la fin de l'opération. Je fus ainsi conduit à imaginer une disposition particulière de fourneau, à l'aide de laquelle on peut, avec une poignée de charbons réduits en morceaux de la grosseur d'une noisette, compléter une analyse sans aucune crainte et sans embarras dans l'espace d'une demi-heure. Depuis que j'ai fait usage de cet instrument, les résultats obtenus avec un même corps se sont montrés bien plus constans que ceux obtenus primitivement à l'aide de la lampe; et son emploi est si facile que j'ai pu quelquefois terminer huit expériences dans un jour.

Le Dr Ure donne ici une description très-étendue de son appareil. Il consiste essentiellement en une boîte carrée en étain supportant une plaque en tôle percée de petits trous et courbée en demi-cylindre, dans laquelle on met les charbons; un couvercle muni d'une petite cheminée que l'on peut adapter sur la boîte détermine à volonté le tirage. Le tube de verre dont on fait usage

est en crown-glass de neuf à dix pouces de long sur trois dixièmes de diamètre intérieur ; on le fait plonger sous une cloche remplie de mercure dans la cuve de ce métal, en le réunissant avec un tube recourbé au moyen d'un collet de caoutchouc.

Pour l'analyse des liquides volatils, le Dr Ure emploie une petite ampoule qui, après avoir été aisément remplie et pesée avec soin, est immédiatement introduite jusqu'au fond du tube et recouverte avec cent cinquante ou deux cents fois son poids de peroxide de cuivre. Cette ampoule a une capacité égale à trois grains-mesures d'eau (environ $0^{\text{cent. cub.}}$,194), et l'on bouche quelquefois son extrémité capillaire avec une quantité infiniment petite de cire d'abeilles pour prévenir l'évaporation du liquide jusqu'à ce que le peroxide ait atteint la température rouge.

Ma manière d'opérer avec le peroxide de cuivre, continue le Dr Ure, est la suivante :

Je triture avec beaucoup de soin, dans un mortier de verre bien sec, de un à deux grains et demi (de 65 à 160 milligrammes) de la substance qu'il s'agit d'analyser, avec 7 à 9 grammes d'oxide, et j'introduis ce mélange dans le tube de verre à l'aide d'une petite main faite avec une feuille de platine et d'un petit entonnoir de verre, et nettoyant en outre le mortier avec une petite brosse métallique. Sur ce mélange je mets une couche de 1^{g},5 à 2 grammes de peroxide, et sur celle-ci 3 à 4 grammes de tournures de cuivre bien décapés. J'achève enfin de remplir le tube avec un demi-gramme ou un gramme d'amiante, qui, par son attraction capillaire, enlève rapidement à la partie chaude du tube l'humidité

produite pendant l'expérience, et j'évite de cette manière toute cause de rupture ; l'amiante sert en outre comme tampon pour empêcher la projection d'aucune parcelle de cuivre ou d'oxide. On pèse, dans cet état, le tube à une balance très-sensible et l'on prend note de son poids ; on y introduit alors un petit bouchon cannelé sur les côtés qui doit empêcher le mercure de pénétrer dans le tube si une absorption ou un refroidissement subit lui faisaient prendre cette route. Enfin, on adapte le collet de caoutchouc, l'on commence à placer quelques fragmens de charbon allumé sous l'extrémité du tube, et l'on remplit le reste du demi-cylindre de tôle avec des charbons noirs. On place alors le petit dôme du fourneau, l'opération marche d'elle-même, et l'incandescence ne se communiquant que progressivement à mesure que le verre se dilate, il arrive très-rarement que le tube se brise ; je me suis en effet quelquefois servi du même tube pour une douzaine d'expériences, dans le cours desquelles il s'était seulement converti en *vitrite* ou porcelaine de Réaumur.

Le gaz ainsi obtenu est saturé d'humidité ; pour le ramener au volume du gaz sec, le Dr Ure se sert de la table qu'il a publiée dans les *Transactions philosophiques*, pour 1818, sur la force élastique de la vapeur aqueuse.

Dans certains corps où la quantité d'hydrogène est très-petite, comme dans ceux où sa présence a été niée, l'indigo, par exemple, on emploie le calomel réduit en poudre, au lieu du peroxide de cuivre. Après avoir intimement mêlé la substance organique avec cette poudre, on chauffe doucement, et le gaz muriatique qu'on ob-

tient démontre la présence de l'hydrogène, quoique sa quantité ne puisse pas être regardée comme égale à la moitié du volume gazeux, une certaine portion de cet élément restant unie avec l'oxigène à l'état d'eau.

Le Dr Ure donne ensuite en détail un exemple de la manière de calculer les parties constituantes d'après les données de l'analyse.

0g.,0906 d'éther sulfurique, d'une densité de 0,70, après avoir été lentement réduits en vapeur à travers 12g.,950 de peroxide de cuivre chauffé au rouge, produisirent 111cent. cub.,428 de gaz acide carbonique à 18°,89 cent., qui équivalent à 107cent. cub.,671 de gaz sec, à 15°,56 cent. Ce nombre étant multiplié par 0g.,50145, quantité de carbone contenue dans un décimètre cube de gaz, le produit 0g.,05399 est la quantité de carbone que contient 0g.,0906 d'éther, et $0{,}05399 \times \frac{8}{3} = 0{,}14397$ est l'oxigène équivalent à l'acide carbonique. On reconnut ensuite que le tube avait éprouvé une perte de poids de 0g.,3092 dont 0g.,00647 était due à l'humidité hygrométrique de l'oxide de cuivre, et 0g.,09707 à l'éther vaporisé; le surplus 0,21213 représente la quantité d'oxigène séparée de l'oxide de cuivre par les élémens combustibles de l'éther. Mais de cette proportion, 0g.,14397 ont été employés pour la formation de l'acide carbonique; il en reste donc 0g.,06816, équivalant à 0g.,008518 d'hydrogène. Il résulte donc de cette expérience, que l'on a choisie parmi un grand nombre d'autres comme étant une des plus satisfaisantes, que l'éther sulfurique est formé de :

Carbone,	0g.,05399;
Hydrogène,	0,00851;
Eau,	0,02810.
	0,09060.

Et nous aurons, dans un gramme :

Carbone,	0,5960...	3 atomes,	2,25...	60,00.
Hydrogène,	0,1330...	4 atomes,	0,50...	13,33.
Oxigène,	0,2710...	1 atome,	1,00...	26,66.
	1,0000.		3,75.	100,00;

ou 3 volumes de gaz oléfiant $= 3 \times 0,9722 = 2,9166.$
2 volumes d'eau....... $= 2 \times 0,625 = 1,25.$

4,1666,

qui, en éprouvant une condensation égale au volume de la vapeur d'eau, donneront une vapeur éthérée dont la densité sera 2,5.

Les proportions des principes constituans de l'éther sulfurique, calculées par M. Gay-Lussac d'après les expériences de Mr Th. de Saussure, sont 2 volumes de gaz oléfiant et 1 volume de vapeur d'eau, lesquels trois volumes sont condensés en un seul volume de vapeur d'éther, dont la pesanteur spécifique est 2,58. L'éther dont je fis usage dans mes expériences avait d'abord été distillé sur du carbonate de potasse sec, puis mis en digestion sur du muriate de chaux desséché, de dessus lequel on l'avait simplement décanté, ainsi que le recommande M. de Saussure. Que mon éther contînt un peu plus d'eau que celui du chimiste genevois, ou que la

différence entre nos résultats provienne de la différence entre les méthodes d'analyse, c'est ce que des expériences subséquentes pourront seules décider.

C'est par des moyens analogues que j'ai déduit de mes analyses les résultats présentés ci-dessous. Je dois dire ici que, dans plusieurs cas, les matières, après avoir été chauffées au rouge dans le tube, puis refroidies, furent de nouveau triturées dans un mortier et soumises à une seconde calcination; ainsi, aucune partie du charbon ne pouvait se soustraire à la conversion en acide carbonique. Je me contentai rarement d'une seule expérience sur le même corps, et souvent je les répétai jusqu'à cinq ou six fois.

Table d'analyses organiques.

Substances.	Carbone.	Hydrogène.	Oxigène.	Azote.	Eau.	Excès.
1. Sucre	43.38	6.29	50.33	....	56.62	
2. Sucre de diabètes	39.52	5 57	54.91	....	51.13	oxigèn. 10.35
3. Amidon	38.55	6 13	55.32	....	55.16	6.03
4. Gomme arabique.	35.13	6.08	55.79	3 ?	54.72	7.15
5. Résine.	73.60	12.90	13.50	....	15.20	hydrog 11.20
6. Copal	79.87	9.00	11.10	....	12 05	7.06
7. Laque en écailles.	64.67	8.22	27.11	....	80.51	4.82
8. Résine de gaïac	67.88	7.05	25.07	....	28.00	3.93
9. Ambre	70.68	11.62	17.77	....	20.00	9.40
10. Cire jaune	80.69	11.37	7.94	....	8.93	10.39
11. Caoutchouc	90.00	9.11	0.88	....	0.99	9.00
12. Charbon de terre (*splent coal*).	70.90	4.30	24.80	....	27.90	1.20
13. Charbon de terre (*cannel coal*).	72.22	3 93	21.05	2.08	23 68	1.30
14. Indigo.	71.37	4.38	14 25	10.00	16.00	2.52
15. Camphre	77.38	11.14	11.48	....	12.91	9.71
16. Naphtaline.	91.06	7.07	0.70 ?	....	0.79?	
17. Huile de spermaceti.	78.91	10.97	10.12	....	11.34	9.71
18. Huile de térébenthine ordinaire.	82.51	9.62	7.87	....	8.85	8 64
19. Huile de térébenthine purifiée.	84.09	11.05	3.06	....	4.00	11.01

Substances.	Carbone.	Hydrogène.	Oxigène	Azote	Eau.	Excès.
20. Naphte...........	83.04	12.31	4.65	.....	5.23	11.73
21. Huile de ricin (ou de castor...........	74.00	10.29	15.71	.....	17.67	8.33
22. Alcool, pes. spéc. 0.812...........	47.85	12.24	39.91	.....	44.09	7.25
23. Ether, pes. spéc. 0.70...........	59.60	13.03	27.01	.....	30.05	9.09
						oxigèn.
24. Soie blanchie......	50.69	3.94	34.04	11.33	35.43	2.55
25. Coton............	42.11	5.06	52.83	.....	45.56	12.33
26. Lin, par le procédé de Lee.........	42.81	5.05	51.07	.....	49.05	7.07
27. Lin ordinaire......	40.74	5.57	52.79	0.09	50.16	8.02
28. Laine	53.07	2.80	31.02	12.03	25.07	8.03
						hydrog
29. Cochenille........	50.75	5 81	36.53	6.91	39.06	14.01
30. Cantharides.......	48.64	5.99	36.29	9.08	40.83	14.53
31. Urée..............	18 57	5.93	43.68	31.82	49.14	0.47
32. Acide benzoïque...	66.74	4.94	28.32	.....	31.86	1.04
						oxigèn.
33. Acide citrique	33.00	4.63	62.37	.....	41.67	25 33
34. Acide tartrique	31.42	2.76	65.82	.....	24.84	43.74
35. Acide oxalique.....	19.13	4.76	76.20	.....	42.87	38.09
36. Acide ferro-prussique.	36.82	27 89 de fer.	....	35.29		

Remarques sur les analyses précédentes.

Le sucre que j'employai, dit le Dr Ure, avait été purifié par le procédé de M. Howard, et tellement bien desséché à l'étuve, qu'il ne perdit aucune portion appréciable de son poids quand on l'exposa dans le vide avec l'acide sulfurique. Le sucre de diabètes contient un excès d'oxigène évident, et c'est, je pense, le cas de tous les autres sucres *faibles*, ainsi que les désignent les raffineurs; je regarde cet excès d'oxigène comme la principale cause qui s'oppose à la cristallisation, et par conséquent comme un des plus grands obstacles que le manufacturier ait à surmonter. La plus petite proportion de carbone que j'aie jamais trouvée dans aucun sucre de canne s'élevait au-delà de 41 pour cent. Les expériences

sur l'amidon et la gomme furent des premières que je fis, et comme leurs résultats diffèrent considérablement de ceux donnés par d'autres chimistes, je me propose de la répéter à la première occasion favorable. Les parties constituantes des trois corps ci-dessus nommés, rapportées à l'échelle des équivalens, peuvent être approximativement représentées par :

	Sucre.	Amidon.	Gomme.
Carbone,	5 atomes...	5 atomes...	4 atomes.
Oxigène,	4	5	5
Hydrogène,	4	4	4

L'amidon est susceptible d'éprouver une détérioration semblable à celle que subit le sucre, c'est-à-dire que quelques espèces forment avec l'eau chaude un coagulum beaucoup plus solide que les autres; différence qui est probablement due à la proportion d'oxigène. L'amidon sur lequel je fis mes expériences était celui du commerce, et n'avait point été desséché par des procédés chimiques; de là vient que la quantité d'eau trouvée est au-delà des proportions équivalentes. La gomme renfermait aussi un peu d'eau hygrométrique, parce qu'elle n'avait pas été desséchée artificiellement. Après le nombre qui indique l'azote j'ai placé un point d'interrogation; mais j'espère lever cette incertitude lorsque j'achèverai la série des analyses que j'ai commencées sur les graines, les racines et les feuilles, dans la vue de découvrir l'origine de l'azote dans les corps des animaux herbivores. Quant à la résine, je crois que, dans la table, la proportion de son carbone est un peu erronée : quoique j'aie répété trois fois cette analyse, je remarque maintenant

que j'ai omis de triturer et de calciner la matière une seconde fois, et le carbone de la résine est très-difficile à oxigéner. Il est probable que la véritable composition est : carbone 8 atomes, hydrogène 8, oxigène 1. On aurait un arrangement plus symétrique encore avec : carbone 8 atomes, hydrogène 9, oxigène 1; car cette combinaison répond à 8 atomes de gaz oléfiant et 1 atome d'eau, que je regarde comme étant très-probablement la vraie composition de la résine. Il suffirait que les matières contenues dans le tube eussent éprouvé pendant leur calcination une diminution de quelques centièmes de grains de plus pour que le résultat de l'expérience coïncidât exactement avec cette vue théorique. La composition du copal approche de : carbone 10 atomes, hydrogène 7, oxigène 1; celle de la laque peut être représentée par : carbone 6 atomes, hydrogène 4, oxigène 2; ou 2 atomes de gaz oléfiant, + 1 atome oxide de carbone... La résine de gaïac donne : carbone 7 atomes, hydrogène 4, oxigène 2.

Quoique les expériences sur l'ambre aient été conduites avec beaucoup de soin, en répétant une seconde fois la trituration et la calcination, les résultats ne peuvent néanmoins coïncider avec aucune composition atomique satisfaisante; ils approchent de : 10 carbone, + 10 hydrogène, + 2 oxigène.

La cire paraît formée de : carbone 13 atomes, hydrogène 11, oxigène 1, ou, en d'autres termes, de 11 atomes de gaz oléfiant, + 1 atome d'oxide de carbone, + 1 atome de carbone. Si l'analyse eût indiqué une très-petite quantité de plus d'hydrogène, sa composition eût été représentée par 12 atomes de gaz oléfiant, + 1 atome

d'oxide de carbone, et c'est probablement la véritable.

Le caoutchouc semble consister en : carbone 3 atomes, hydrogène 2, ou être l'hydrogène sesqui-carburé. L'oxigène déduit de l'expérience est en si petite quantité, qu'on peut douter s'il est essentiel à ce corps ou s'il est absorbé par lui pendant sa consolidation.

Le charbon esquilleux (*splent coal*) pes. spéc. 1.266, et, abstraction faite de ses cendres incombustibles, approche de : carbone 7 atomes, hydrogène 3, oxigène 2. Le *cannel coal* de Woodhall, près Glascow, pes. sp. 1.228, paraît un composé de : carbone 9 atomes, hydrogène 3, oxigène 2. Dans ces deux corps il y a un excès de carbone, outre les 3 atomes de gaz oléfiant et les 2 d'oxide de carbone; le premier contient 2 atomes de carbone en excès, et le second 4 atomes; aussi trouve-t-on, dans les établissemens d'éclairage de Glascow, qu'il fournit un gaz bien plus riche en lumière.

Les élémens de l'indigo peuvent être groupés de la manière suivante : carbone 16 atomes, hydrogène 6, oxigène 2, azote 1; ou autrement 1 atome de cyanogène, 6 atomes de gaz oléfiant, 2 atomes d'oxide de carbone et 6 atomes de carbone en excès.

J'avais eu l'intention de faire des recherches très-étendues sur cet intéressant produit azoté de la végétation; mais ce sujet ayant été dernièrement entrepris et traité avec une rare sagacité par mon élève et mon ami M. Walter Crum, je fus porté à le laisser entre des mains si habiles. Il m'annonça la présence de l'hydrogène dans l'indigo avant que j'eusse moi-même analysé cette substance, et me fit particulièrement porter mon attention

sur l'erreur causée par l'état hygrométrique du peroxide de cuivre. Il y a sans doute quelques légères modifications à faire dans les parties constituantes données dans la table ; car je ne répétai pas cette analyse après que je fus devenu plus familier avec ce genre de manipulation.

Le camphre est à très-peu près représenté par : carbone 10 atomes, hydrogène 9, oxigène 1 ; ou 9 atomes de gaz oléfiant, + 1 atome d'oxide de carbone. La naphtaline est, selon mon opinion, un bi-carbure d'hydrogène solide, consistant en : carbone 2 atomes, hydrogène 1.

Il est très-difficile, même par la calcination la mieux réglée, de transformer la totalité du carbone de ce corps volatil en acide carbonique ; d'où il suit que, dans le résultat, le nombre qui représente le carbone peut offrir une erreur. La naphtaline s'obtient pendant la rectification du pétrole provenant des ateliers où l'on distille la houille pour l'éclairage. On la trouve incrustée dans l'intérieur des tuyaux, sous forme d'une masse cristalline grisâtre ; purifiée par une seconde distillation à la température d'environ 104° c., elle donne naissance à de belles plaques minces, blanches et éclatantes. Cette substance a une très-forte odeur de pétrole. Plongées dans l'eau salée d'une densité de 1.048 et bien mouillées de ce liquide (ce qui est difficile à effectuer), ces plaques restent en équilibre, c'est-à-dire qu'elles flottent indifféremment dans une partie quelconque du liquide ; et par conséquent ce nombre représente la pesanteur spécifique de la naphtaline. Elle est insoluble dans l'eau, mais très-soluble dans l'éther, et se dissout assez bien

aussi dans l'alcool. Mêlée avec l'iode, elle se fond, à une chaleur modérée, en un liquide brun qui, en refroidissant, devient un solide ressemblant à la plombagine; ce composé se dissout facilement dans l'alcool et en est précipité par l'eau. La naphtaline est soluble dans les huiles. Dans l'eau chauffée à 75.5 cent. elle se fond et reste comme une huile au fond de ce liquide; mais, quand on l'agite, elle s'élève et se répand à la surface sous forme de petites écailles huileuses. A 100° c., elle s'élève spontanément en globules qui, à mesure que la température augmente, se dissipent dans l'air, en éprouvant des mouvemens semblables à celui du camphre flottant sur l'eau.

L'huile de spermaceti paraît consister en : 10 atomes carbone, 9 atomes hydrogène, 1 atome oxigène; ou autrement 9 atomes de gaz oléfiant, + 1 atome d'oxide de carbone. Les proportions données par l'expérience se rapprochent néanmoins davantage de : 10 atomes carbone, 8 atomes hydrogène, 1 atome oxigène; et il y a ici 1 atome de carbone en excès (1).

L'huile de térébenthine ordinaire, pesanteur spécifique 0.888, est à très-peu près représentée par : carbone 14 atomes, hydrogène 10, oxigène 1. L'huile de térébenthine purifiée à l'alcool par le procédé de Nimmo semble se rapprocher de la composition de la naphte ou d'un simple carbure d'hydrogène. Sa pesanteur spécifique est 0.878; mais comme, d'après la manière de la

(1) Cette composition est sans doute plus approchante de la vérité; car la première serait identique avec celle du camphre.

préparer, elle pourrait retenir un peu d'alcool, je n'ai pas cru nécessaire de rechercher ses proportions atomiques.

La naphte, d'une pesanteur spécifique de 0.857, obtenue par la distillation du pétrole, est à très-peu près représentée par : carbone 22 atomes, hydrogène 20, oxigène 1 ; elle consiste par conséquent en 20 atomes de gaz oléfiant, 1 atome d'oxide de carbone et 1 atome de carbone tenu en solution.

L'huile de ricin ou de castor est un produit intéressant par sa grande dissolubilité dans l'alcool. Elle consiste en : carbone 7 atomes, hydrogène 6, oxigène 1 ; et par conséquent elle est composée de 6 atomes de gaz oléfiant, + 1 atome d'oxide de carbone.

L'alcool, d'une pesanteur spécifique de 0.812, est à-peu-près formé de : carbone 3 atomes, hydrogène 5, oxigène 2 ; ou bien 3 atomes de gaz oléfiant $= 2.625$, 2 atomes d'eau $= 2.25$; et en volume, 3 de gaz oléfiant $= 0.9722 \times 3 = 2.9166$, 4 de vapeur d'eau $= 0.625 \times 4 = 2.500$.

Ainsi, l'alcool d'une pesanteur spécifique de 0.812, d'après l'analyse ci-dessus, qui, je pense, mérite confiance à cause des soins que j'y apportai et de la constance des résultats, s'éloigne de la composition de l'alcool absolu indiquée par M. Gay-Lussac d'après les expériences de M. Th. de Saussure, en ce qu'il contient un volume additionnel de vapeur d'eau. A la densité de 0.814, l'alcool aurait exactement cette composition atomique. Si la condensation est égale à la totalité des 3 volumes de gaz oléfiant, c'est-à-dire, si les 7 volumes gazeux se réduisent à 4 volumes de vapeur alcoolique, nous aurons,

pour sa pesanteur spécifique à cette force, = 1.3722, le volume additionnel de vapeur d'eau produisant nécessairement cet abaissement dans la densité.

Des fils de soie blanchis furent soumis à l'analyse, et leur composition paraît être : carbone 10 atomes, hydrogène 4, oxigène 5, azote 1; ou 4 de gaz oléfiant, 5 d'oxide de carbone et 1 d'oxide nitreux; ou bien 1 atome d'acide prussique, 3 atomes de gaz oléfiant et 5 atomes d'oxide de carbone.

Les fibres de coton écru semblent consister en : carbone 11 atomes, hydrogène 8, oxigène 10. Le lin préparé d'après le procédé de Lee est formé de : carbone 7 atomes, hydrogène 5, oxigène 6; il contient plus de carbone, et en conséquence il est probablement plus fort que le lin ordinaire préparé par le rouissage. Ce dernier paraît composé de : carbone 1 atome, hydrogène 1, oxigène 1; mais ceci est précisément la composition théorique du sucre, suivant M. Gay-Lussac et le Dr Prout; ce qui donne à ces chimistes une grande facilité pour rendre compte de la conversion des chiffons en sucre par l'action de l'acide sulfurique. La laine approche de : carbone 10 atomes, hydrogène 3, oxigène 4, azote 1.

La cochenille paraît formée de : carbone 15 atomes, hydrogène 11, oxigène 8, azote 1; et les cantharides le sont de : carbone 11 atomes, hydrogène 10, oxigène 7, azote 1.

Mes expériences sur l'urée diffèrent tellement dans la proportion de l'azote de ceux obtenus par M. Bérard et le Dr Prout, que je suis porté à douter de l'exactitude de mes analyses. Quoiqu'elles aient été faites avec le plus grand soin, et que les résultats se soient reproduits avec

beaucoup de constance, je n'ai pu distinguer aucune espèce d'odeur de gaz nitreux dans les gaz recueillis, auxquels j'avais eu la précaution de faire traverser une colonne de tournure de cuivre longue de trois pouces et chauffée au rouge. Je reprendrai ces recherches sur l'urée en employant la température la plus basse qui puisse suffire à la formation de l'acide carbonique.

J'ai trouvé, en saturant l'acide benzoïque avec de l'ammoniaque liquide, que le nombre proportionnel de cet acide cristallisé est 14.5, et qu'il consiste en : carbone 13 atomes, hydrogène 6, oxigène 4. D'après mes expériences, le nombre proportionnel de l'acide citrique en cristaux est 8.375, et il paraît formé de : carbone 4 atomes, hydrogène 3, oxigène 5; ou 4 atomes de carbone, 3 atomes d'eau et 2 atomes d'oxigène : deux de ces atomes d'eau se séparent quand l'acide se combine avec l'oxide de plomb pour former ce qu'on appelle *le citrate sec*; par conséquent, dans ce cas, le poids de l'atome est 6.125. Le nombre équivalent de l'acide tartrique cristallisé est 9.25, et il semble composé de : carbone 4 atomes, hydrogène 2, oxigène 6; ou carbone 4 atomes, oxigène 4, eau 2. D'après mes expériences, j'ai été porté à conclure que les deux atomes d'eau entrent comme partie constituante dans le tartrate de plomb sec, et que par conséquent les cristaux d'acide tartrique sont aussi secs que leur composition le permet. Les cristaux d'acide oxalique ont, pour leur nombre proportionnel, 7.875, et sont formés de : carbone 2 atomes, hydrogène 3, oxigène 6; ou 2 atomes de carbone, 3 d'oxigène, 3 d'eau : ces trois atomes d'eau n'entrent pas dans l'oxalate de plomb sec; d'où j'ai conclu que

l'acide sec est composé de : carbone 2 atomes, oxigène 3, ou 1 atome d'acide carbonique, + 1 atome d'oxide de carbone, ainsi que M. Dobereiner en eut, je crois, le premier l'idée. L'oxalate d'ammoniaque cristallisé consiste en 1 atome d'acide, 1 atome d'ammoniaque et 2 atomes d'eau, =8.875; par une douce chaleur on peut en séparer 1 atome d'eau, et il reste un oxalate d'ammoniaque aussi sec que cela est compatible avec sa neutralité.

J'ai analysé, par le peroxide de cuivre, le citrate, le tartrate et l'oxalate de plomb; et en comparant ces résultats avec ceux déduits des analyses faites sur les acides en cristaux, j'ai été conduit aux déterminations ci-dessus.

L'acide ferro-prussique, l'acide ferro-cyanique des chimistes français m'a présenté jusqu'ici un écueil contre lequel sont venus échouer tous mes calculs pour faire concorder mes résultats avec la théorie. Je l'ai soumis à un grand nombre d'épreuves sous beaucoup de combinaisons différentes, et j'ai toujours tenté sans succès d'accommoder mes résultats avec la doctrine des proportions. Il ne sera pas néanmoins sans importance de faire connaître les faits suivans :

En premier lieu, le nombre équivalent du ferro-prussiate de potasse est 13.125, comparé avec l'oxide de plomb 14, et avec le nitrate de ce métal 20.75, c'est-à-dire que 13.125 du premier sel neutralisent 20.75 du dernier. En second lieu, 14 parties d'oxide de plomb produisent 21 parties de ferro-prussiate de plomb sec, ou bien le poids atomique de l'acide ferro-prussique sec est 7.

La moyenne entre toutes mes analyses du ferro-prussiate de plomb donne entre ses élémens les rapports indiqués dans la table. Ces proportions, ramenées au poids atomique 7, donnent :

Carbone,	2.5774;
Azote,	2.4703;
Matière ferrugineuse,	1.9523.
	7.0000.

Si nous supposons que le nombre proportionnel de l'acide ferro-prussique soit 7.5 au lieu de 7, et que nous admettions en outre que, dans les nombres donnés ci-dessus, le carbone soit 2,25 = 3 atomes et l'azote 3.5 ou 2 atomes, nous pourrons alors concevoir un atome d'acide ferro-prussique sec comme étant formé de :

Carbone,	3 atomes.	2.25;
Azote,	2	3.50;
Fer,	1	1.75.
		7.50.

Mais l'expérience ne me permet aucunement d'admettre ce résultat théorique.

La meilleure manière qui s'offrit à moi pour analyser le ferro-prussiate de potasse est de le convertir, au moyen d'une quantité équivalente de nitrate de plomb, en ferro-prussiate de ce métal; on sépare alors le nitrate de potasse par filtration, et après l'avoir fait évaporer on détermine son poids. Par ce moyen, 13.125 parties de ferro-prussiate de potasse cristallisé produisent 12.33 p. de nitre, contenant 5.8 de potasse. En chauffant de

l'acide nitrique en excès sur 21 p. de ferro-prussiate de plomb, j'obtins 2.625 de peróxide de fer, équivalant à 1.8375 de métal; d'où je conclus que dans le ferro-prussiate de plomb le fer se trouve à l'état métallique; car les poids réunis du carbone et de l'azote contenus dans 7 p. de l'acide sec donnent 5.0477, et la différence 1.9523 approche de trop près de 1.8375 pour que nous supposions le métal à l'état de protoxide; et, en effet, 2.625 parties de peroxide $\times$ 0.9 = 2.3625 de protoxide, quantité bien au-delà de ce que nous offre l'expérience.

Sur *la Dolomie du Tyrol.*

(Extrait d'une Lettre de M. Léopold de Buch à M. Alois de Pfaundler (1).)

Parmi la grande variété de roches dont les montagnes du Tyrol sont composées, il n'y en a aucune qui donne à ce pays un aspect plus caractéristique que la dolomie. Nulle part ailleurs on ne trouve cette substance en si grandes masses : aussi est-ce au Tyrol qu'elle a été reconnue la première fois par Dolomieu, lorsqu'il passa le Brenner au mois d'août 1789, conjointement avec M. Fleuriau de Bellevue. Une lettre adressée de Malte (2) par Dolomieu

---

(1) Ce Mémoire, antérieur à celui que nous avons publié dans le Cahier précédent, a été traduit de l'allemand par M. de Humboldt : il est tiré du journal d'Inspruck, qui paraît sous le titre de *Tyroler Bothe*, juillet 1822.

(2) En date du 30 janvier 1791. *Journal de Physique*, t. XXXIX.

à M. La Peyrouse fit connaître cette découverte aux minéralogistes français, et le nom de *dolomie* que M. Théodore de Saussure donna à la nouvelle roche fut généralement adopté.

Les dolomies de la vallée de Fassa sont encore moins connues que celles de la chaîne centrale du Tyrol : c'est sur les premières que je desire fixer votre attention. Aucun géologue n'est encore entré dans la vallée de Fassa sans être vivement frappé de la forme bizarre de ces rochers élevés, coupés à pic et d'une blancheur éclatante que l'on y trouve à chaque pas. Des crevasses perpendiculaires divisent les masses de dolomies sous la forme de tours et d'obélisques. Leur physionomie est si étrange que, nulle part dans les Alpes de la Suisse, on ne voit quelque chose de semblable. Quelquefois des murs de rochers nus s'élèvent à plusieurs milliers de pieds de hauteur : ils ont peu d'épaisseur, et restent séparés, dès leur base, de ces pics et cimes dentelées de dolomie qui s'élancent de la plaine et atteignent la limite des neiges éternelles. Par leur agroupement et leur forme, ces rochers rappellent souvent les stalagmites que l'on trouve au fond des cavernes. Aucune division en couches horizontales ou inclinées n'interrompt l'uniformité des contours perpendiculaires.

Toutes ces masses à forme bizarre ne sont composées que de dolomie blanche et à petits grains : nulle part on n'y découvre (et c'est là un phénomène bien remarquable), le calcaire coquillier ordinaire. Leur gisement les distingue, comme leur forme bizarre, de toutes les autres dolomies qu'on a observées jusqu'ici. Les pics du Tyrol se trouvent au milieu d'un *terrain de*

porphyre, et on peut presque admettre, comme une loi géologique, que partout où il n'y a ni porphyre ni roches analogues aux porphyres, on voit disparaître les formes pyramidales et, avec ces formes, les dolomies. C'est alors que reparaît de nouveau le calcaire compacte coquillier. Une coupe dirigée de l'Eisack vers la vallée de Fassa prouve la justesse de ces assertions.

Depuis Collmann à Botzen, la rivière de l'Eisack coule dans une énorme crevasse qui traverse tout le terrain porphyrique du Tyrol méridional. C'est un *porphyre rouge* dont la base ou pâte est composée de feldspath compacte, et renferme à la fois des cristaux de feldspath nacré brun et blanc-rougeâtre et peu transparent, des dodécaèdres bi-pyramidaux de quarz gris, et quelquefois des lames d'amphibole et de mica à contours peu distincts. Ce porphyre forme, depuis Meran jusqu'à Clauses, une sorte de coupole, une convexité qui s'élève doucement et qui ne supporte pas d'autres cimes distinctes. Il serait impossible de reconnaître cette conformation du terrain porphyrique lorsqu'on a eu sous les yeux, une journée entière, les rochers taillés à pic au-dessous de Collmann : mais, lorsqu'on se place sur le sommet du Mendelberg, entre le val de Non et la vallée de Botzen, on voit disparaître presqu'entièrement ces crevasses à travers lesquelles l'Eisack, le Talferbach et tant d'autres petites rivières se sont frayé un chemin. On devine à peine l'existence de ces crevasses par quelque face abrupte des rochers qui les bordent, et l'on sent bien vivement alors que ces fentes ou ravines, qui d'abord nous ont paru si importantes, n'occupent pas plus de place que les fissures que l'on observe dans

quelque vieux monument élevé par la main des hommes.

Le porphyre sort au jour de dessous le micaschiste; il ne recouvre aucune autre roche : même le granite, avec lequel il vient en contact entre Tisens et l'Ultenthal, ne le supporte pas. Comme dans les montagnes de basaltes, la masse compacte de ces porphyres est enveloppée de conglomérats renfermant des fragmens anguleux. Ces fragmens sont en partie du porphyre même, en partie ils proviennent des roches voisines, qui sont le micaschiste et le granite. Il ne serait par conséquent pas contraire aux faits que nous venons d'énoncer de considérer tout ce terrain de porphyre, qui occupe une surface de plusieurs lieues carrées, comme soulevé ou sorti du sein de la terre à la manière des basaltes. Une voûte si immense, forcée de s'étendre de plus en plus, a pu se crevasser pour former des vallées. Le frottement des bords de la masse soulevée aura fait naître des conglomérats qui sont composés, à la fois, des fragmens mêmes de la voûte porphyrique brisée et des fragmens de toutes les roches à travers lesquelles le porphyre a été soulevé.

En allant de Collmann à Kastelruth, on gravit un mur de porphyre qui a 2000 pieds de hauteur perpendiculaire. A Kastelruth, on a atteint, pour ainsi dire, la partie supérieure du dôme porphyritique, et l'on voit clairement que la roche plonge vers l'est, c'est à-dire, vers la masse des montagnes plus élevées. Le porphyre est immédiatement recouvert d'un grès brun-rougeâtre, analogue au gris bagarré (*bunte sandstein*) de l'Allemagne septentrionale. On ne saurait douter que ce grès est le produit du soulèvement du porphyre; car on y trouve jusqu'aux cristaux de feldspath que cette roche

renferme originairement. Le grès est incliné, à l'est, vers les hautes montagnes, comme la roche à laquelle il est superposé; les strates du grès s'élèvent par conséquent du côté de la vallée, où elles offrent une face abrupte. On peut les poursuivre dans une hauteur perpendiculaire de 800 pieds, vers le Seisser-Alp, où le grès alterne plusieurs fois avec le calcaire.. La première de ces roches dans ses couches inférieures ne renferme aucune pétrification; mais là où elle se rapproche du calcaire, on y trouve un grand nombre de mytulites et d'anomies. Ce sont les mêmes espèces que présente le calcaire, dont les strates n'ont qu'un pied à un pied et demi d'épaisseur, et qui est compacte, gris de fumée et écailleux à petites écailles. Le silex pyromaque s'y trouve en masses globuleuses ou en couches très-minces. Au calcaire succèdent de nouveau quelques couches de grès, de la dolomie grenue et blanche et de peu d'épaisseur, et puis une *roche pyroxénique* très-remarquable qui prend tantôt l'aspect du porphyre, tantôt celui du basalte. Dans cette partie du Tyrol elle change, à chaque pas, de texture et de composition. Cette roche pyroxénique n'est jamais rouge comme le porphyre, mais toujours de couleurs très-sombres; elle est dépourvue de quarz, qui se trouve essentiellement dans le porphyre rouge. Le pyroxène forme un élément caractéristique de la pâte du porphyre pyroxénique, et cette pâte se distingue de toutes les roches du terrain basaltique par la présence constante de petits cristaux de feldspath translucide, sans être vitreux. La roche pyroxénique se rapproche généralement plus des porphyres que des basaltes, et, au sommet du Seisser-Alp, elle est recouverte d'une masse analogue composée de bou-

les noires, spongieuses, et se séparant par couches concentriques. Ces boules sont agglutinées à des fragmens de roche pyroxénique. De véritables scories se montrent au milieu de ce conglomérat; elles entourent des morceaux de dolomie grenue et de calcaire compacte. J'ai observé ces mêmes phénomènes de gisement dans l'île de la Grande-Canarie et dans l'intérieur de l'île de Madère. . . . .

Le Seisser-Alp forme, à son sommet, un plateau entièrement uni, de deux lieues de longueur. On n'y trouve aucun rocher, aucune pente abrupte. Partout où l'on peut examiner le sol au-dessous du gazon bourbeux, on y découvre des *rapilli* en couches diversement contournées. D'énormes pics inaccessibles de dolomie blanche s'élèvent au-dessus de ce plateau, l'entourent et le dominent sur l'étendue d'une lieue; puis la dolomie disparaît tout-à-coup et fait place aux masses pyroxéniques dont les rochers ne sont aucunement remarquables par leur forme. En allant plus loin, on voit succéder une nouvelle série de montagnes de dolomie: ce sont des cônes et des sommets dentelés, séparés par des précipices de plusieurs milliers de pieds de profondeur. En descendant au-delà de ces cônes vers la vallée de Fassa, on observe la même succession de terrains qui avait frappé l'œil du voyageur en montant de la vallée de l'Eisack au Seisser-Alp. On voit d'abord le porphyre pyroxénique; plus bas, le calcaire coquillier compacte; plus bas encore et en grandes masses, le grès brun-rougeâtre, tantôt grenu, tantôt un peu schisteux; enfin, (entre Moena et Sorega) tout au pied des hautes montagnes, le porphyre rouge. De ce côté, en descendant vers la vallée de Fassa,

toutes les couches ont une inclinaison entièrement opposée à celle que l'on a observée dans la vallée de l'Eisack. Les couches (et c'est un phénomène que j'ai trouvé très-constant) penchent vers l'ouest, par conséquent vers les montagnes de dolomie, sous lesquelles elles paraissent plonger. Il ne reste aucun doute que le porphyre pyroxénique repose sur les couches de grès et de calcaire, et l'on pourrait croire que l'on trouverait ces deux dernières roches prolongées partout sous la masse pyroxénique. Il n'en est point ainsi : on ne découvre nulle part ce prolongement supposé; au contraire, sur plusieurs points on observe que la masse pyroxénique plonge tout droit dans l'intérieur du globe, et se sépare du grès et du calcaire par une ligne perpendiculaire : ce phénomène est surtout très-visible dans les montagnes qui bordent, vers le sud, la vallée du Duron, au-dessus de Campidell. Le porphyre pyroxénique descend, près Fontana, jusqu'au fond de la vallée; et les couches calcaires, au lieu de se prolonger sous le porphyre, sont *coupées* par lui. Dans beaucoup de pays, le basalte qui sort de la profondeur pour percer à travers le terrain secondaire sous la forme de filons (*dikes*), présente un gisement entièrement analogue, et cette analogie rend la supposition assez probable que le porphyre pyroxénique vient aussi de l'intérieur du globe. Ce ne sont que les parties supérieures de la masse porphyrique que l'on découvre au-dessus des couches de calcaire et de grès.

Nous croyons de même, en poussant plus loin nos recherches sur les causes de ces phénomènes extraordinaires, que c'est par les porphyres pyroxéniques que les dômes de dolomie ont été soulevés. Il n'y a qu'un

mouvement très-violent, une force agissant de bas en haut, qui ait pu donner à ces montagnes des formes si bizarres : aussi trouve-t-on, tout le long de la vallée de Fassa, le porphyre pyroxénique immédiatement au-dessous des dolomies, et c'est ce porphyre qui sépare les dolomies des couches inférieures. Nulle part (je le répète), nulle part on ne rencontre de la dolomie sans que le porphyre pyroxénique ne l'accompagne. La dolomie de la vallée de Fassa ressemble, par sa blancheur et par son grain, au calcaire primitif ou salin, avec lequel on l'a souvent confondue. Elle ne renferme aucune substance étrangère, aucune trace de corps pétrifiés; mais la masse entière est criblée de petites cavités anguleuses remplies de *druses* ou cristaux agroupés de dolomie. C'est toujours le rhomboèdre primitif, et cette absence de toute autre forme cristalline est un des caractères les plus remarquables auxquels on reconnaît la dolomie; car on sait que le rhomboèdre primitif du carbonate de chaux est très-rare dans la nature. La dolomie, du contraire, (*rauthenspath, bitterspath,* chaux perlée rose foncée, ou *braunspath*) n'a jamais encore été vue sous une autre forme de cristallisation. Chaque fois que l'on trouve une roche calcaire dont les fentes sont tapissées de ces rhomboèdres, on peut être sûr que c'est une roche de dolomie. Des cristaux d'une forme différente prouveraient l'absence de la magnésie dans la masse entière. Le parallélisme que l'on observe entre les fissures qui indiquent la cassure lamelleuse et les faces du cristal démontrent d'ailleurs que le rhomboèdre des dolomies est toujours primitif. La dolomie est beaucoup plus dure que la chaux carbonatée ordinaire : elle fait quelquefois feu avec le

briquet. Sa pesanteur spécifique est très-remarquable, elle se maintient entre 2,900 et 3,000 ; tandis que celle du calcaire ne dépasse jamais 2,700. Cette différence devient sensible chaque fois que l'on soulève un morceau de dolomie d'un volume un peu considérable. La chaux y prédomine à peine. D'après l'analysc faite, à ma prière, par un chimiste habile, M. Léopold Gmelin, de Heidelberg, la dolomie du Mendelberg, près de Botzen, (toute semblable à celle de la vallée de Fassa) contient 41,8 de magnésie carbonatée et 58,2 de chaux carbonatée. C'est presque le mélange que requiert la théorie des proportions.

La fréquence constante des cavités remplies de rhomboèdres rend la dolomie maigre et rude au toucher. Les cavités communiquent souvent entr'elles par des fissures qui renferment les *druses* les plus belles de spath perlé (*braunspath*). On jouit d'un spectacle vraiment extraordinaire lorsqu'au milieu de ces rochers on voit tout-à-coup les rayons du soleil se réfléchir sur les faces des cristaux agroupés dont la masse fendillée de la dolomie est remplie. Ce fendillement rappelle les phénomènes que l'on observe journellement dans les fours à chaux lorsque le feu en est retiré. En allant de la *Cortina* dans la vallée d'*Ampezzo* à *Toblach*, dans le *Pusterthal*, on est environné, pendant tout le passage, de pics de dolomie dont les blocs épars et diversement crevassés atteignent une grandeur colossale. L'aspect de ces lieux est si bizarre qu'on peut se croire transporté au milieu d'un four immense. Les fragmens de dolomie sont traversés par mille fentes : ils paraissent *rudes* au toucher, comme toutes les substances que l'on a exposées au feu. On est tenté

d'attribuer ces effets extraordinaires à la haute température qu'avait acquis le porphyre pyroxénique quand il se faisait jour à travers les couches inférieures et qu'il soulevait la dolomie sous la forme de colonnes, de pyramides et de tours. On se persuade que cette même roche pyroxénique a converti les masses compactes en masses grenues, qu'elle a fait disparaître tout vestige de stratification et de corps organisés, et qu'elle a donné naissance à ces fissures qui sont tapissées de cristaux. On ne doute plus que c'est le calcaire compacte que l'on trouve constamment sous la dolomie et au-dessus des grès qui a été blanchi, fendillé, transformé dans une roche grenue. Les blocs que les torrens arrachent aux montagnes et qu'ils conduisent dans les grandes vallées renferment des fragmens de calcaire compacte; les uns sont anguleux et d'un volume considérable, les autres, à peine visibles à l'œil, semblent prouver que toute la masse n'a point été uniformément changée en dolomie. Ce calcaire, resté compacte, est dépourvu de magnésie, substance dont la présence semble due au porphyre pyroxénique, et qui a pénétré dans la dolomie à travers d'innombrables fissures.

En réfléchissant sur ces faits importans, il ne faut pas oublier que les éjections calcaires du Vésuve sont constamment aussi de la dolomie grenue; leur seul aspect le prouve, et l'analyse chimique de MM. Smithson Tennant et Léopold Gmelin a confirmé ce que nous indiquaient déjà les caractères extérieurs. Des phénomènes entièrement analogues se présentent dans les environs de Rome, sur les bords du lac d'Albano; le *peperino* y est rempli de blocs de dolomie d'une blancheur éclatante. Les calcaires du Vésuve sont crevassés et fen-

dillés comme les dolomies de Fassa, et ce n'est que dans les fissures que l'on trouve superposés, couche par couche, d'abord des cristaux à base de magnésie et d'alumine, puis des cristaux qui renferment de la magnésie et de la silice, enfin, comme les plus récens, des cristaux de silice hydratée (zéolithes). Un minéralogiste anglais, qui a résidé long-temps à Naples, M. William Thompson, a émis depuis long-temps l'opinion que ces dolomies du Vésuve sont le calcaire même des Apenins, rendu grenu par le feu volcanique, et rempli de cristaux par voie de sublimation. En effet, les dolomies du Vésuve ne peuvent avoir appartenu à des montagnes primitives, car elles n'offrent jamais dans leur masse une trace de talc ou de mica, deux substances qui ne manquent jamais dans la masse des dolomies du Brenner intercalées au schiste micacé : or, d'après les analyses de Klaproth, le calcaire compacte des Apenins ne présente pas un atome de magnésie, et cette terre, surajoutée, dans l'intérieur du volcan, au calcaire compacte, ne peut aussi être due qu'à une *pénétration*.

Les dolomies ne sont pas restreintes à la vallée de Fassa, on les rencontre partout et sous les mêmes formes, entre le *Pusterthal* et les frontières d'Italie. Elles entourent, comme des îlots de rochers, en élevant leurs pics à des hauteurs prodigieuses, la partie supérieure de la vallée de *Gröden* et le *Wolkenstein* : elles forment les montagnes pittoresques de *Botzen*, le *Rosengarten*, le *Schlern* et le colosse du *Langkofel*; toute la chaîne qui s'étend de *Sasso Vernale* à *Buchenstein*; les pics du *Gaderbach*, entre *Campill* et *Colfosco*; ceux de l'*Abtei*, entre *Cortina* et le bain de *Prax*; ceux

de la vallée du *Drau* jusque vers *Toblach*. Toute la pente sud-ouest des montagnes de *Sextenthal* est composée de dolomie. Du *Sextenthal*, cette roche se prolonge en Italie, à l'ouest de *Padula*, vers le *Tagliamento* et le *Frioul*. De même, toute la vallée de *Fiemme* (*Fleimserthal*) est bordée, des deux côtés, de dômes de dolomie; on les retrouve dans les environs de *Trento*, où le porphyre, près de *Cevizzano*, en est couronné. La même roche forme le dos prolongé du *Mendelberg*, à l'ouest de *Botzen* jusqu'au-dessous de *Tramin*. Du *Mendelberg*, elle descend dans la vallée de *Fondo*, où reparaît la formation de grès. Du côté de l'ouest s'élève brusquement un autre mur de dolomie : il s'étend vers une ligne que l'on peut tracer de *Caldas* dans le *Val de Sol*, au bain de *St-Pancrace*, dans la vallée d'*Ultens*. C'est là que se termine la longue série des dolomies du Tyrol; et avec la dolomie disparaît aussi le porphyre. Plus à l'ouest, en Suisse et en Savoie, on n'observe aucun de ces phénomènes que nous venons de discuter, et qui, considérés dans leur enchaînement mutuel, peuvent jeter quelque jour sur la formation de la haute chaîne des Alpes.

Altenbourg, le 10 mai 1822.

Addition *au Mémoire de M.* Poisson.

Pendant l'impression de ce Mémoire M. Clément m'a communiqué le résultat d'une nouvelle expérience sur la température de la vapeur à une très-haute pression ; d'après cette expérience, la pression de la vapeur

d'eau à l'état de saturation est de 35 atmosphères, à la température de 215° : au moyen de ces données, on tire de l'équation (10) :

$$q = 659;$$

en sorte que l'invariabilité très-approchée de cette quantité q se maintient encore à cette haute température. Cependant on ne peut pas supposer la quantité de chaleur q rigoureusement constante; car, si elle l'était, l'équation (9), déduite de cette hypothèse, donnerait 54 atmosphères pour le *maximum* de pression de la vapeur à 215°, au lieu de 35, qui résulte de l'expérience.

NOTICE *sur le Kaolin de Dignac (département de la Charente).*

PAR M. BIGOT DE MOROGUES.

(Extrait.)

Tous les gîtes de kaolin exploités ou connus jusqu'à présent appartiennent aux terrains primordiaux. C'est donc un fait géologique assez remarquable, que l'observation d'une couche considérable de kaolin superposée à un terrain de calcaire secondaire ; tel est celui de Dignac, departement de la Charente, dont l'existence a été reconnue par les essais de M. Mouchard, pour en fabriquer des creusets qui se sont trouvés avoir la cassure de la porcelaine, et constatée par un rapport de M. Jure, directeur de la Fonderie royale de Ruelle, rapport in-

séré dans le tome III des *Annales de la Société d'Agriculture du département de la Charente.* M. Bigot de Morogues annonce que ce kaolin occupe, dans une grande étendue, la vallée où se trouve le village de Dignac et la pente des côteaux voisins, et qu'il repose sur un calcaire coquillier marin, que l'auteur rapporte à la formation des calcaires à gryphites et à ammonites. La roche de kaolin paraît être le résultat d'une alluvion dont il serait intéressant de rechercher les traces; elle est recouverte par une autre alluvion argileuse renfermant des silex roulés et des fragmens de coquilles silicifiées; mais celle-ci, dans quelques parties de la forêt de Dignac, est immédiatement superposée au calcaire coquillier marin.

Le kaolin de Dignac est terreux, friable, maigre au toucher, et fait difficilement pâte avec l'eau; il est d'un blanc tirant sur le jaune isabelle; il renferme peu de mica, mais beaucoup de petits grains de quartz d'un blanc grisâtre, et quelques grains de feldspath pur, de 1 à 2 centimètres d'épaisseur. Ce kaolin paraît être le produit de la décomposition d'un granite très-peu micacé (ou d'un pegmatite) qui aura été remanié par les eaux, et transporté en entier par elles, sans mélange d'autres roches, à l'époque où la plus grande partie de son feldspath était déjà dans un état d'altération semblable à celui qu'éprouve le pegmatite ou pétunzé de Saint-Yrieix.

Par le lavage, le kaolin de Dignac se sépare facilement des petits grains de quartz et de feldspath qu'il renferme, et l'eau qui le retient en suspension le laisse se précipiter ensuite, sous forme d'un dépôt très-fin, infu-

sible au fourneau de réverbère, où il acquiert de la blancheur. M. Bigot de Morogues le croit analogue à certaines variétés de *terre caillouteuse* de Saint-Yrieix, quoique moins pur, et susceptible de produire seul une porcelaine assez blanche. Il fait observer que si l'on parvenait, au moyen de lavages soignés, à lui donner un degré de pureté suffisant, il pourrait être transporté, à très-peu de frais, par la Charente, la mer et la Loire, jusque dans le centre de la France, et servir à y fabriquer une porcelaine susceptible d'être livrée à bas prix.

NOTE, *communiquée par M.* Clément, *sur de nouvelles expériences que M.* Perkins *a faites relativement à l'influence d'une très-forte pression dans la dissolution des corps, et sur un nouveau gaz hydrogène carburé découvert par M.* Dalton.

M. PERKINS a rempli un tube de verre, fermé par une extrémité et ouvert à l'autre, d'acide acétique pur que lui avait donné M. Mollerat (cet acide contenait environ $\frac{90}{100}$ d'acide réel et $\frac{10}{100}$ d'eau). Après avoir plongé l'extrémité ouverte du tube dans une petite cuvette de mercure, il a mis le tout dans son appareil à grandes pressions et en a exercé une de 1100 atmosphères. Quelques minutes après, on a retiré le tube d'acide acétique, et on a vu que les $\frac{7}{8}$ supérieurs de sa longueur étaient remplis de cristaux, tandis que le reste, le bas du tube, contenait seulement du liquide. Les cristaux étaient de l'acide acétique extrêmement fort; ils se sont

conservés assez long-temps au contact de l'air. Le liquide n'était que du vinaigre très-faible.

Une espèce d'émulsion opaque, formée par l'agitation d'une certaine quantité d'huile de bergamote avec de l'alcool, a été soumise à la même pression de 1100 atmosphères, et elle s'est trouvée parfaitement transparente; la dissolution de l'huile par l'alcool était complète.

Ainsi, il est prouvé que la pression est une circonstance très-influente sur la solubilité des corps lorsqu'elle est portée à un haut degré, et qu'elle est tantôt contraire et tantôt favorable. N'est-il pas probable que, les corps étant différemment compressibles, les rapports des densités changent tantôt dans un sens, tantôt dans un autre; qu'elles se rapprochent ou diffèrent davantage, et que de là résultent de grandes modifications dans l'affinité, et par conséquent que la solubilité peut augmenter ou diminuer suivant la compressibilité de chaque corps?

M. Dalton a trouvé un nouveau gaz hydrogène carburé dans le gaz de l'huile. Ce gaz nouveau contient deux fois plus de charbon que le gaz oléfiant, et M. Dalton l'a nommé *gaz super-oléfiant*. Il y en a beaucoup dans le gaz de l'huile.

Je tiens les deux premiers faits de M. Perkins, qui m'a dit que le Dr Wollaston et M. Mollerat avaient vu les expériences; le troisième m'a été communiqué par M. Dalton lui-même.

Sur *une Couleur verte.*

Par le Dr Liebig.

M. Braconnot fit connaître, dans le Cahier de septembre 1822, t. xxii, p. 53 des *Annales de Chimie et de Physique*, un procédé pour la préparation d'une couleur verte qu'on fabrique en Allemagne, sous les noms de *vert de Schweinfurt*, de *vert de Mitis* ou de *vert de Vienne*; mais ce procédé étant long et dispendieux, je ne crois pas inutile de réimprimer dans ce journal un autre procédé bien préférable qui m'appartient, et que j'ai publié dans le *Repertorium der Pharmazie, herausgegeben von Buchner und Kastner*; mois de juillet 1822.

On dissout à chaud, dans une chaudière de cuivre, une partie de vert-de-gris dans une suffisante quantité de vinaigre pur, et on ajoute une dissolution aqueuse d'une partie d'arsenic blanc. Il se forme ordinairement, pendant le mélange de ces liquides, un précipité d'un vert sale, qu'il est nécessaire, pour la beauté de la couleur, de faire disparaître. A cet effet, on ajoute une nouvelle quantité de vinaigre, jusqu'à ce que le précipité soit parfaitement redissous. On fait bouillir le mélange; il s'y forme, après quelque temps, un précipité cristallin grenu, d'un vert de la plus grande beauté, lequel, étant séparé du liquide, bien lavé et séché, n'est autre chose que la couleur en question. Si, après cela, la liqueur contient encore un excès de cuivre, on y ajoute de nouveau de l'arsenic; et si elle contient un excès du dernier, il faut ajouter du cuivre, et on opère du reste de

la même manière. Il arrive souvent que cette liqueur contient un excès d'acide acétique, on peut alors l'employer de nouveau pour dissoudre le vert-de-gris.

Cette couleur, ainsi préparée, possède une nuance bleuâtre ; mais on demande souvent dans le commerce une nuance plus foncée et un peu jaunâtre, et d'ailleurs de la même beauté et du même éclat : pour produire ce changement, on n'a qu'à dissoudre une livre de potasse du commerce dans une suffisante quantité d'eau, y ajouter 10 livres de la couleur obtenue par le procédé ci-dessus, et chauffer le tout à un feu modéré. Bientôt on voit la masse se foncer et prendre la nuance demandée. Si on fait bouillir trop long-temps, la couleur s'approche du vert de Scheele; mais elle le surpasse toujours en beauté et en éclat. La liqueur alcaline qui reste après ce traitement peut servir encore pour préparer le vert de Scheele.

Nouveaux *Résultats obtenus par M.* Savary *sur les phénomènes électro-dynamiques.*

Depuis la publication de l'extrait que nous avons donné du Mémoire de M. Savary, de nouvelles recherches analytiques ont conduit ce jeune géomètre aux résultats suivans :

Si l'on plie, suivant une courbe quelconque, l'axe d'un cylindre électro-dynamique d'un très-petit diamètre, de manière que les plans des courans électriques circulaires de ce cylindre restent perpendiculaires à son axe devenu curviligne, l'action qu'il exercera sur un élément de

courant électrique sera précisément la même que celle d'un cylindre électro-dynamique dont les courans électriques circulaires seraient de même diamètre et de même intensité, et qui aurait pour axe la ligne droite joignant les deux extrémités de la courbe. Il suit de là que cette action est nécessairement la même, soit sur un fil conducteur d'une forme et d'une grandeur quelconque, soit sur un aimant, et que si l'on veut calculer l'action mutuelle de deux cylindres électro-dynamiques ou de deux aimans dont les axes seraient pliés suivant des courbes quelconques, il suffit de concevoir à leur place deux cylindres électro-dynamiques ou deux aimans rectilignes dont les extrémités seraient situées aux mêmes points, et de leur appliquer la loi des quatre forces en raison inverse du carré de la distance, que Coulomb a conclue de ses expériences, et que M. Savary a déduite de la formule de M. Ampère.

Il suit encore de ce nouveau résultat :

1°. Que si un fil d'acier forme une courbe fermée sans aucune solution de continuité, et qu'on le soumette à l'action d'un conducteur voltaïque roulé en hélice autour de ce fil, comme MM. Gay-Lussac et Welter l'ont fait à l'égard d'un anneau d'acier, ce fil ne pourra, de même que l'anneau, exercer aucune action due à son aimantation par ce conducteur tant qu'il restera entier, quelle que soit la courbe à simple ou à double courbure qu'il formera ; tandis que les effets de la même aimantation devront se manifester dès qu'on le rompra. Ce dernier résultat se trouve confirmé d'avance par les expériences que sir H. Davy et M. Erman, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences de Berlin, ont

faites sur des plaques d'acier au milieu desquelles on avait pratiqué des ouvertures par lesquelles ils faisaient passer un courant électrique assez intense pour leur communiquer cette sorte d'aimantation.

2°. Que toute action exercée par un fil d'acier aimanté reste la même quand on remplace un des arcs de la courbe qu'il forme par une portion du même fil pliée ou contournée d'une manière quelconque : propriété qui appartient aussi aux conducteurs voltaïques, et dont M. Ampère a déduit, relativement à ces conducteurs, la formule par laquelle il a représenté l'action mutuelle de deux de leurs élémens.

Nouvelles *Observations sur les variations diurnes de l'aiguille aimantée.*

Les 5 et 12 juin 1823, M. Pierre Barlow, de Woolwich, a lu, à la Société royale, un Mémoire dont voici l'analyse :

M. Barlow imagina qu'en atténuant l'action qu'exerce le globe terrestre sur une aiguille aimantée, comme les minéralogistes ont l'habitude de le faire quand ils veulent découvrir de légères traces de fer dans les corps, on rendrait les variations diurnes beaucoup plus considérables qu'elles ne le sont naturellement. En suivant cette idée, il trouva que le moyen le plus convenable d'arriver au but était de présenter au pole d'une aiguille le pole semblable d'un barreau, et le pole opposé d'un autre barreau au second pole de la même aiguille. Par là, la variation

diurne d'une aiguille horizontale, qui d'abord n'était que de quelques minutes, s'éleva jusqu'à 3°.40′; ensuite à 7°.0′, et enfin, aussi haut qu'on le desirait.

En approchant les deux barreaux opposés l'un de l'autre et de l'aiguille, on peut transporter celle-ci aussi loin qu'on le veut du méridien magnétique, et observer ses variations diurnes dans toutes les positions, c'est-à-dire, quand sa pointe nord est dirigée au sud, à l'est, à l'ouest, etc., etc. M. Barlow trouva constamment que les variations diurnes étaient à leur *maximum* lorsque l'aiguille pointait à l'est ou à l'ouest, et qu'elles devenaient presqu'imperceptibles si elle se dirigeait près du nord-nord-ouest ou du sud-sud-est. Depuis le nord-nord-ouest jusqu'au sud, le principal mouvement diurne transportait la pointe nord de l'aiguille vers le nord du monde : entre le sud, sud-est et le nord, cette pointe marchait aussi vers le nord. Les mouvemens, dans les deux cas, se faisaient donc en sens contraires.

Une aiguille horizontale dont on dirigeait la pointe, par l'influence des barreaux voisins, vers le nord ou vers le sud, exécutait, dans la maison de M. Barlow, sa variation diurne vers le nord. Dans le jardin, la même variation s'effectuait vers le sud. M. Barlow s'est assuré que cette singulière anomalie ne dépendait pas d'un changement dans les positions relatives des barreaux et de l'aiguille. Ayant soupçonné que la lumière pouvait être la cause du phénomène, il observa, pendant deux jours consécutifs, les fenêtres de l'appartement restant fermées : l'irrégularité persista, mais elle fut atténuée. Imaginant enfin qu'une étuve en métal, placée dans la maison, pouvait éprouver une variation diurne dans sa

force magnétique, il transporta une bombe dans le jardin, et la plaça, relativement à l'aiguille, comme l'étuve l'était dans la maison. Après ce changement, le *maximum* d'effet, au lieu d'être 7 heures du matin, s'observait à 4 heures du soir; mais l'anomalie dans la direction du mouvement persista.

M. Christie, dont la maison est assez éloignée de celle de M. Barlow, remarqua une anomalie semblable.

Notre auteur paraît disposé à attribuer les variations diurnes à un changement dans l'intensité magnétique du globe, produite par l'action des rayons solaires. Ce changement dépendrait, quant à sa valeur, de la déclinaison de l'astre, c'est-à-dire, de sa position relativement au plan d'attraction nulle. L'expérience faite dans la chambre obscure l'a porté à penser que la cause excitante des variations diurnes se trouve dans les rayons lumineux, et non dans les rayons calorifiques du soleil.

Le même professeur Christie, dont nous avons parlé plus haut, croit, au contraire, que le changement de déclinaison tient aux rayons de chaleur, et non pas aux rayons de lumière. Un changement de température d'un seul degré Farenheit, dans les barreaux placés auprès de l'aiguille, altérait d'un degré la position de celle-ci. En échauffant l'un de ces barreaux avec la main, l'aiguille changea de position de 2 à 3°, pendant des expériences faites en présence de MM. OErsted et Barlow.

(*Ann. of Philos.* Juill. 1823.)

M. Haüy est, je crois, le premier qui ait signalé les avantages qu'on peut tirer, pour des expériences où l'on se propose d'apprécier de très-petites actions magné-

tiques, d'une aiguille délicatement suspendue dont on a affaibli la force directrice, en plaçant près d'elle, dans la position convenable, un barreau aimanté. (*Voyez* le *Traité des Pierres précieuses*, p. 176 et suiv.) M. Biot a depuis signalé cette méthode comme étant propre *à agrandir presque indéfiniment les variations diurnes.* (*Traité élém. de Phys.* II. 101. Sec. édit. 1821.) C'est donc le projet de M. Biot que M. Barrow vient de réaliser.

Je ne ferai pas aujourd'hui d'autres remarques sur ces nouvelles expériences; mais aussitôt que le Mémoire original aura été publié, j'en donnerai un extrait plus détaillé, et je présenterai alors quelques observations sur les diverses conclusions auxquels M. Barrow paraît s'être arrêté. (R.)

Culture *du Phormium tenax en France.*

M. de Labillardière exposa à l'Institut, en 1802, les divers avantages qu'il y aurait à acclimater en France le *phormium tenax* ou lin de la Nouvelle-Hollande. Ce savant reconnut que des fils faits avec les feuilles de cette plante surpassent de moitié en force des fils semblables de chanvre ordinaire, et que l'extensibilité des premiers est aussi très-supérieure à celle des seconds.

M. de Labillardière annonçait que le phormium tenax réussirait en France. La prédiction se trouve réalisée maintenant par les soins de M. Cachin, inspecteur-général des Ponts et Chaussées : cet habile ingénieur a adressé à la Société Linnéenne une tige de phormium de *trois*

mètres de hauteur, qu'il avait cultivée dans son jardin de Cherbourg. Cette tige était chargée de gousses contenant des graines mûres. MM. Gillet Laumont et Thouin les ont semées à Paris, et déjà, à la date du 1er septembre dernier, plus de la moitié avaient levé.

Les essais qu'on a faits avec les fils tirés de la plante de M. Cachin confirment entièrement les idées favorables que M. de Labillardière en avait données.

Note *sur la Présence de l'iode dans l'eau minérale de Sales, en Piémont.*

Les eaux de Sales sourdent en quantité assez abondante, non loin du village de ce nom (province de Voghera), d'un terrain argilo-calcaire. Elles se rassemblent dans une espèce de bassin de 6 pieds de diamètre, sur 18 à 20 pouces de profondeur; leur température est celle de l'atmosphère; leur pesanteur spécifique égale 1,0502. Ces eaux sont troubles et légèrement colorées en jaune; leur odeur est forte et approche de celle de l'urine et d'une lessive d'acide muriatique; leur saveur est saumâtre et piquante : il se dégage, sans cesse, du fond du réservoir qui les contient, des bulles d'un fluide élastique.

En 1788, Volta trouva dans les eaux de Sales du muriate de soude; en 1820, M. Romano y découvrit, de plus, plusieurs muriates terreux et un peu d'oxide de fer. Enfin, M. Laur. Angelini, pharmacien à Voghera, en employant l'amidon comme réactif, vit se manifester

dans cette eau la couleur bleue qui indique l'existence de l'iode, et il parvint, en effet, en présence du Dr Ricotti et de M. Luc Barenghi, à en extraire une certaine quantité de cette substance, par le procédé qu'on suit pour la retirer des eaux-mères des salpêtriers.

Il est remarquable que, depuis long-temps, l'eau minérale de Sales était employée avec succès contre les affections scrofuleuses, et surtout contre les goîtres.

(*Bull. de la Soc. philom.*)

Extrait *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 7 juillet 1823.

M. Becquey, directeur-général des Ponts et Chaussées, envoie à l'Académie des *Recherches sur le mouvement uniforme des fluides incompressibles et homogènes*; par MM. Lamé et Clapeyron, ingénieurs temporairement attachés au service de Russie.

M. Arnoul, aîné, adresse un nouveau Mémoire intitulé : *Des Équations du second degré à trois termes.*

M. Moreau de Jonnès commence la lecture d'un troisième Mémoire sur la Géographie des plantes américaines, intitulé : *Recherches sur les conditions d'organisation végétale, nécessaires à la translation géographique des plantes par les animaux et par les hommes.*

M. Gay-Lussac lit le Mémoire de MM. Boussingault

et Rivero *sur le Lait de l'arbre de la vache.* (*Voyez* plus haut, page 219.)

MM. Humboldt et Arago annoncent que les mêmes MM. Boussingault et Rivero, professeurs de chimie à Santa-Fé de Bogota, viennent d'envoyer d'intéressantes observations sur la hauteur moyenne du baromètre au niveau de la mer entre les tropiques; sur les variations horaires; sur les sources thermales de la Cordillière; sur les positions géographiques de divers lieux, etc., etc.

M. Becquerel lit le Mémoire que nous avons déjà publié, intitulé : *Des Effets électriques qui se développent pendant les diverses actions chimiques.*

La séance est terminée par la lecture d'un Mémoire, de M. Henri Milne Edwards, *sur la Structure élémentaire des principaux tissus organiques des animaux.*

Séance du lundi 14 juillet.

Le Directeur-général des Mines adresse des échantillons de sel gemme tirés de la mine qu'on vient de découvrir en Lorraine. Il demande que l'analyse en soit faite par des commissaires de l'Académie, et annonce que le Ministre des Finances se propose de rendre public le rapport qu'elle aura adopté.

M. Arago communique une nouvelle Note de M. Becquerel sur ses expériences électro-magnétiques.

M. de Férussac lit une Note sur les coquilles trouvées dans le Nil par M. Caillaud, et qu'on avait regardées mal-à-propos comme des huîtres : ce sont des étéries de M. de Lamarck.

M. Moreau de Jonnès continue la lecture de son Mémoire *sur la Translation géographique des plantes.*

M. Gaymard lit un Mémoire *sur l'Accroissement des polypes zoophites, considéré géologiquement.*

M. de Jussieu, fils, lit un Mémoire *sur la Famille des euphorbiacées.*

Séance du lundi 21 juillet.

M. Arago communique à l'Académie divers détails relatifs à l'explosion d'une pompe à feu qui a eu lieu, vendredi dernier, dans une filature située sur le boulevard du Mont-Parnasse. Cet événement ayant donné lieu, depuis, à un procès qui n'est pas encore jugé, nous devons, pour le moment, nous abstenir d'en entretenir le public.

M. le Président invite M. Desfontaines à faire connaître à M. Vauquelin les vœux de tous ses collègues pour le prompt rétablissement de sa santé.

M. de Prony fait un rapport sur un fusil de M. Faure, que l'on amorce avec de la poudre de muriate oxigéné de potasse. Les conclusions sont que les améliorations faites, par cet arquebusier, à l'arme connue sous le nom de *fusil à percussion*, méritent d'être approuvées.

M. Cauchy lit un Mémoire ayant pour objet d'exposer divers théorêmes analogues à ceux qui ont été donnés par M. Fourier, et qui servent à intégrer les équations relatives au mouvement de la chaleur.

On lit un Mémoire de M. Gaillon, de Dieppe, intitulé : *Expériences microscopiques et physiologiques sur une espèce de conferve marine; production animalysée*

et réflexions sur plusieurs autres espèces de productions filamenteuses analogues, considérées jusqu'alors comme végétales.

Séance du lundi 28 juillet.

MM. Dietz, Holtz et Huk demandent des commissaires pour une nouvelle pompe à feu de leur invention, et qui reçoit le mouvement de rotation de l'action directe de la vapeur.

M. Bowditch adresse les dessins de divers animaux qu'il a observés à l'île de Madère.

M. Payen annonce avoir reconnu que les pétales des dahlias contiennent une nouvelle matière colorante dont il fait connaître les propriétés.

M. Magendie rend un compte verbal de l'ouvrage de M. Girard *sur les Calculs urinaires du cheval.*

On lit un Mémoire du Dr Liebig *sur l'Argent et le Mercure fulminans.* (Nous espérons pouvoir publier bientôt cet important travail.)

M. Ampère fait un rapport verbal sur un ouvrage de Mme Dubreuil *relatif à l'Arithmétique.* Il en résulte que cet ouvrage ne mérite aucune attention.

M. Ampère fait part à l'Académie de quelques nouveaux résultats que M. Savary a déduits de ses calculs sur les phénomènes électro-magnétiques. (*Voyez* plus haut.)

M. Gabriel Pelletan, fils, communique une *Nouvelle Méthode d'employer le nitrate d'argent comme caustique.*

M. Julia lit un Mémoire *sur la Fermentation vineuse.*

Note *sur quelques phénomènes que présente la cuisson de la chaux ordinaire et de la chaux artificielle.*

Par M. Vicat, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

En cherchant à faire cuire, dans un très-petit fourneau, des fragmens de pierre calcaire pure, entremêlés avec du charbon de bois et de la houille, je m'étais aperçu, il y a près de dix ans déjà, qu'en rechargeant à plusieurs reprises le fourneau avec les mêmes fragmens, à mesure qu'ils tombaient dans le cendrier, et en ajoutant d'ailleurs de nouveau combustible, on obtenait une chaux morte incapable de s'éteindre, mais offrant ce caractère remarquable, que, broyée et gâchée à la manière du plâtre, elle faisait prise sous l'eau.

Ce phénomène semblait justifier une vieille opinion commune à tous les maîtres chaufourniers, savoir : qu'il est impossible de transformer en chaux, dût-on y brûler une forêt toute entière, la pierre qui s'est refroidie avant le terme de la cuisson : or, la chaux morte que j'ai obtenue est absolument dans le même cas, puisque les fragmens calcaires non cuits encore, se refroidissaient nécessairement en tombant dans le cendrier, et en passant ensuite dans la région supérieure du petit fourneau.

De tout ceci, il paraît résulter qu'une matière calcaire à-peu-près pure, comme la craie ou le marbre, par exemple, peut être ramenée par le feu à un état moyen qui n'est ni celui de la chaux ni celui du car-

bonate, et, en cet état, jouir de la propriété de faire corps dans l'eau lorsqu'on l'y plonge après l'avoir pulvérisée et réduite en pâte.

La craie convertie en chaux, et éteinte selon la pratique ordinaire, donne, comme on le sait, un hydrate qui ne durcit pas dans l'eau; mais si on laisse la même chaux tomber spontanément en poudre par une longue exposition à l'air (dans un lieu abrité), qu'on la détrempe ensuite avec peu d'eau pour en former une pâte forte; cette pâte se solidifiera d'une manière très-sensible après l'immersion. L'action de l'air donne donc lieu ici à une nouvelle combinaison qui paraît analogue à celle qu'offre la craie imparfaitement cuite, en ce que, n'étant, comme celle-ci, ni complètement chaux ni complètement carbonate, elle jouit des mêmes propriétés hydrauliques.

Dernièrement, en essayant d'appliquer à la pierre à chaux pulvérisée le mode de calcination que j'ai proposé pour la fabrication des pouzzolanes artificielles, je suis parvenu à des résultats qui mettent dans un nouveau jour les phénomènes exposés ci-devant : j'ai divisé en dix portions égales une certaine quantité de poussière de craie très-fine; la première portion jetée sur une plaque de fer fondu, chauffée au rouge, a subi une calcination de trois minutes; la seconde y est restée six minutes; la troisième neuf, et ainsi de suite, jusqu'à la dernière, qui a dû y séjourner par conséquent une demi-heure. Pendant chaque opération la poussière a été bien remuée en tout sens pour favoriser l'égale répartition de la chaleur; ces dix portions, ainsi calcinées,

ont été pétries avec très-peu d'eau et réduites en pâte ferme d'une consistance bien égale. Pendant cette manipulation, il ne s'est manifesté aucun signe d'effervescence ou de foisonnement; les premiers numéros n'exhalaient que l'odeur ordinaire de la craie détrempée; mais les derniers présentaient, outre l'odeur alcaline propre à la chaux, des indices de causticité bien marqués.

Après vingt-quatre heures d'immersion, tous les numéros, le premier excepté, avaient fait prise à la manière des chaux hydrauliques; après quatre jours, une aiguille à tricoter, d'un millimètre de grosseur, terminée en pointe obtuse, et chargée d'un culot de plomb du poids de $0^{k.},181$, ne s'y enfonçait que de 3 à 5 millimètres; et, après douze jours, la dépression moyenne était de $0^{m.},0008$. Le n° 1 (c'est-à-dire, celui dont la craie n'a subi que trois minutes de calcination) est resté constamment mou.

Je chercherai plus tard à mesurer les duretés respectives auxquelles ces divers essais parviendront; je me borne, pour le moment, à faire observer que, du n° 2, qui répond à six minutes de calcination, au n° 10, qui répond à trente minutes, l'aiguille d'épreuve ne donne pas de différence bien appréciable; le début de cette solidification est, du reste, tellement semblable à celui des chaux hydrauliques, que j'ai cru devoir en informer l'Administration des Ponts et Chaussées, afin que, dans les divers essais de pierres à chaux qui se font maintenant en France, on ait à se défier de tout résultat donné par une cuisson en petit.

Si l'on considère l'hydrate de craie imparfaitement cuite, ainsi que la chaux pure éteinte spontanément, comme des mélanges en proportions diverses de particules de chaux et de particules de chaux carbonatée, on est conduit à penser qu'il est possible de les imiter exactement, en ajoutant directement à de la poussière de craie une certaine quantité de chaux. Cependant, de tous les essais que j'ai faits de cette manière, depuis 100 jusqu'à 500 parties de craie, pour 100 de chaux récemment éteinte, il n'en est aucun qui, plongé dans l'eau, ait donné le moindre signe de solidification; d'où provient cette différence ?

Un ingénieur des Ponts et Chaussées actuellement au service de la Russie, M. Raucourt de Charleville, en répétant sur les chaux du Nord des expériences analogues à celles que j'ai faites sur les chaux de France, est parvenu à des résultats qui ont beaucoup de rapport avec les précédens. Après avoir mêlé de la chaux pure avec une quantité convenable d'argile, et réduit le mélange desséché en fragmens de la grosseur d'un pois, il en a formé trois portions, et subdivisé chacune d'elles en quatre autres; chacune de ces portions a été cuite ensuite, ainsi que l'indique le tableau ci-après, où tous les résultats sont consignés.

1re SÉRIE.

Essais cuits sur une plaque de fer chauffée au rouge.

Nº des essais.	TEMPS de la cuisson.	COULEUR après la cuisson.	CONSISTANCE des essais.	CHALEUR dégagée pendant l'extinction.	TEMPS employé à faire prise dans l'eau.
1	0 heures 25	de brique.	friable.	nulle.	3 jours.
2	0 50	*id.* foncé.	*id.*	peu sensible.	12 heures.
3	0 75	*id.* foncé.	*id.*	*id.*	24 heures.
4	1 00	rouge noir.	*id.*	*id.*	4 jours.

2me SÉRIE.

Essais cuits dans un four.

Nº des essais.	TEMPS de la cuisson.	COULEUR après la cuisson.	CONSISTANCE des essais.	CHALEUR dégagée pendant l'extinction.	TEMPS employé à faire prise dans l'eau.
5	0 25	jaunâtre.	friable.	très-sensible.	2 jours.
6	0 50	*id.*	*id.*	davantage.	15 heures.
7	0 75	rougeâtre.	moins.	très-sensible.	10 jours.
8	1 00	jaune clair.	*id.*	peu.	15 jours.

3me SÉRIE.

Essais cuits en contact avec du charbon de bois.

Nº des essais.	TEMPS de la cuisson.	COULEUR après la cuisson.	CONSISTANCE des essais.	CHALEUR dégagée pendant l'extinction.	TEMPS employé à faire prise dans l'eau.
9	0 25	jaune clair.	friable.	beaucoup.	un mois.
10	0 50	*id.* foncé.	dure.	peu.	jamais.
11	0 75	*id.* verdâtre.	très-dure.	*id.*	*id.*
12	1 00	*id.*	vitrifiée.	insensible.	*id.*

Le nº 2 de la première série et le nº 6 de la seconde offrent les résultats les plus avantageux; ils diffèrent toutefois essentiellement en ce que l'un paraît se comporter comme une chaux morte ou comme le ciment dit *romain*, tandis que l'autre offre tous les caractères d'une chaux hydraulique naturelle, soit par sa couleur fauve, soit par l'effervescence qu'elle fait avec l'eau. Mais ce sont les essais de la troisième série qui sont les

plus remarquables ; il est évident que le contact du charbon de bois a dérangé la réaction qui a lieu entre la chaux et l'argile dans la cuisson ordinaire, et l'explication du phénomène ne paraît pas facile ; quel rôle, en effet, assigner à l'oxigène, à l'égard de la chaux, de la silice et de l'alumine, dans cette circonstance ? S'il ne s'agissait que du fer, on pourrait croire qu'il a besoin de passer à l'état de peroxide avant que de se combiner avec la chaux, et dire que le charbon l'en empêche ; mais le fer ne joue dans tout ceci qu'un rôle à-peu-près passif, ainsi que le prouvent les expériences de M. Berthier. (*Annales de Chimie*, t. XXII, p. 82 et 83.)

La solution théorique de ces difficultés me paraît être aussi importante à l'histoire particulière de la chaux qu'à celle des mortiers ; il est à desirer qu'un chimiste plus exercé que moi, et d'ailleurs maître de son temps, veuille bien répéter les expériences qui sont l'objet de cette Note, et dissiper tous les doutes auxquels elles donnent lieu.

EXTRAIT *du* Mémoire *lu par M.* MAGENDIE, *à la séance publique de l'Académie, le* 2 *juin* 1823, sur quelques découvertes récentes relatives aux fonctions du système nerveux (1).

ON ne doutait pas que les muscles ne fussent les agens de l'expression de la physionomie, et que les nerfs ne les dirigeassent dans leurs diverses contractions.

---

(1) Nous regrettons beaucoup d'être forcés, par le défaut d'espace, de supprimer les considérations générales que

Mais le visage reçoit plusieurs nerfs distincts et particulièrement deux de chaque côté, dont l'un se nomme le *nerf facial*, et l'autre le *nerf maxillaire*. M. Ch. Bell, qui s'est beaucoup occupé du système nerveux, et qui a écrit un *Traité de l'expression* du visage de l'homme et des animaux, s'est demandé lequel du *nerf facial* ou du *nerf maxillaire*, est l'agent de communication entre les muscles du visage et les sensations intérieures.

Pour en juger, il fallait faire une expérience qui consistait à couper l'un de ses nerfs et à laisser l'autre intact.

L'expérience fut faite sur un âne.

Une âne n'était peut-être pas trop bien choisi pour juger de la physionomie; mais enfin cet animal, dont les passions sont assez vives, n'est pas non plus sans expression.

On coupa donc à cet âne le nerf facial, et l'on s'aperçut aussitôt que tous les mouvemens avaient cessé du côté de la face où la section avait été faite, et particulièrement ceux des paupières et des lèvres. On lui présenta des alimens : il exprimait vivement son appétit du côté intact; le côté lésé restait morne et inexpressif.

Il n'en fut pas de même lorsqu'il s'empara des alimens; les mêmes parties, tout-à-fait immobiles par rap-

---

M. Magendie a placées en tête de son Mémoire; mais on trouvera du moins, dans ce qui va suivre, l'exposition qu'il a faite, avec autant de clarté que d'élégance, de quelques-unes des plus curieuses découvertes dont on est redevable à la précision que les physiologistes de nos jours ont apporté dans leurs experiences. (R.)

port à la physonomie, entrèrent en mouvement dès qu'il fallut que la mastication eût lieu.

Il restait à faire une seconde expérience : il fallait couper le nerf maxillaire en laissant intact le nerf facial. On le fit en effet sur un autre animal, et on trouva que les mouvemens d'expression n'avaient rien perdu de leur activité; tandis que tous ceux qui ont rapport à l'acte de la mastication avaient entièrement cessé.

On fit en outre, dans cette expérience, une remarque importante : c'est que l'animal avait entièrement perdu la sensibilité du côté de la face où le nerf était coupé, bien que l'un des deux nerfs qui se distribuent à cette partie restât dans toute son intégrité.

Cette expérience méritait d'être répétée sur un animal dont les traits eussent une expression plus marquée que ceux de l'âne.

On choisit le singe le plus expressif que l'on put trouver dans la ménagerie d'*Exeter-Change*, et on lui coupa d'un côté le nerf facial; il perdit immédiatement, du côté lésé, la faculté de grimacer; et l'ensemble de sa physionomie prit alors, par le contraste des deux côtés de la face, une expression si singulière, qu'il était impossible, en le voyant, de retenir le rire.

Chacun des assistans fut frappé de l'analogie qui existait entre la figure de ce singe et celle d'un célèbre acteur en possession d'égayer le public anglais. Il parut très-probable que cet homme tirait parti d'une infirmité naturelle pour divertir les spectateurs, et la conjecture s'est vérifiée.

Ces diverses expériences, nous les avons répétées, et nous les avons trouvées parfaitement exactes.

Elles jettent une vive clarté sur les fonctions des nerfs de la face : *elles* prouvent, et d'une manière incontestable, que les mouvemens des paupières, des narines, des lèvres, *etc.*, qui forment le jeu de la physionomie, sont sous la dépendance d'un nerf particulier ; et que la sensibilité de ces parties, et les mouvemens relatifs à la mastication, sont, de leur côté, dirigés par un nerf spécial.

De semblables résultats ne sont pas seulement curieux sous le rapport de la science, ils ont encore des applications immédiates à la guérison des maladies. Le visage est souvent le siége d'affections qui portent particulièrement sur les organes de l'expression ; la bouche se contourne, les paupières se paralysent, etc. ; les moyens de guérison ne deviennent-ils pas plus faciles et plus sûrs, lorsque l'on connaît mieux le mécanisme des organes malades ? C'est ainsi que les découvertes physiologiques deviennent tôt ou tard l'occasion du perfectionnement de la médecine.

Sentir et se mouvoir, sont les deux phénomènes auxquels se rattachent tous les actes de notre vie extérieure. Dans l'état de parfaite santé, ces deux phénomènes sont tellement liés entre eux qu'ils semblent n'en former qu'un seul ; mais, dans l'état de maladie, la séparation s'opère quelquefois d'une manière si tranchée, qu'une partie du corps, et même le corps tout entier, perd entièrement la sensibilité sans rien perdre du mouvement, et, dans d'autres circonstances, perd tout le mouvement bien qu'il conserve la sensibilité.

Ces faits connus, depuis qu'il y a des maladies, ont été l'objet des recherches des médecins de toutes les épo-

ques : on en a conclu avec raison qu'il devait y avoir dans le système nerveux des nerfs pour le sentiment et d'autres pour le mouvement.

Mais ni l'anatomie la plus minutieuse, ni les lésions observées après la mort, ni les expériences sur les animaux vivans, n'avaient pu faire distinguer les nerfs du sentiment de ceux du mouvement.

J'ai été conduit dernièrement à établir cette distinction; et ce qui avait paru jusqu'ici une difficulté insurmontable, se trouve être un des phénomènes les plus simples des fonctions du système nerveux.

Pour comprendre ce résultat, il faut se rappeler que tous les nerfs du corps et des membres ont leur origine à la moelle épinière; mais la manière dont ils sortent de ce tronc doit être remarquée avec soin. Ils ont deux ordres de racines : les unes sont attachées à la partie antérieure de la moelle, et les autres, au contraire, sont fixées à la partie postérieure.

Ces deux ordres de racines sont séparées d'abord par un intervalle assez considérable; mais elles ne tardent pas ensuite à se réunir et à se confondre pour ne plus former qu'un seul nerf.

J'ai constaté, par des expériences directes, que ces racines distinctes ont aussi des fonctions tout-à-fait distinctes : les antérieures sont destinées au mouvement, les postérieures au sentiment. Si l'on coupe les premières, l'animal perd tout mouvement, mais il conserve intacte sa sensibilité, et *vice versâ*; si l'on coupe les secondes, la sensibilité est perdue, mais l'animal a conservé ses mouvemens.

Il n'y a donc plus de difficulté maintenant sur ces deux ordres de nerfs, les uns propres au mouvement, et les autres au sentiment. On comprend même pourquoi les anciens anatomistes n'étaient point parvenus à les distinguer; c'est qu'opérant sur les nerfs après la réunion des racines en un seul faisceau, il leur devenait impossible de séparer les filets qni sont destinés à la sensibilité de ceux qui sont particuliers à la contraction.

J'ai eu l'occasion récente de confirmer sur l'homme ces fonctions différentes des racines et des nerfs.

Un individu avait perdu le mouvement des deux bras depuis plusieurs années; mais il avait conservé une vive sensibilité dans ces parties. Il mourut, et, à l'examen de son corps, on trouva les racines postérieures dans leur état d'intégrité, tandis que les racines antérieures étaient évidemment altérées, avaient perdu leur substance médullaire, et étaient réduites à leur enveloppe membraneuse.

Les nerfs ne donnent à nos organes la sensibilité ou le mouvement que parce qu'ils tiennent à la moelle épinière; toutes les fois qu'ils en sont isolés par une blessure, ou par toute autre cause, la partie où ils se rendent devient immobile et insensible.

Il était donc curieux de savoir si la moelle de l'épine ne serait pas elle-même partagée en deux moitiés, l'une destinée au mouvement, l'autre à la sensibilité.

Dans les recherches physiologiques, les conjectures qui ne s'appuyent encore que sur l'analogie sont souvent démenties par l'expérience; ici, au contraire, l'expérience confirme pleinement la conjecture.

J'ai reconnu que la moelle est comme formée de deux cordons juxta-posés, dont l'un est doué d'une exquise sensibilité, tandis que l'autre est pour ainsi dire étranger à cette propriété, et paraît réservé pour le mouvement.

J'ai constaté la réalité de la séparation des deux propriétés dans toute la longueur de la moelle épinière ; et comme il est prouvé, par les belles expériences de Legallois, que tous les autres organes, sans exception, tirent de celui-ci leur sensibilité et leur mouvement, on est conduit à cette conséquence remarquable, qu'il faut renoncer à chercher un seul point, dans tout le corps, où la sensibilité et le mouvement soient confondus.

D'après cela, il devenait très-probable que chez les personnes qui perdent le mouvement, en conservant la sensibilité, et réciproquement chez celles qui perdent la sensibilité en conservant le mouvement, il y a maladie, soit du cordon sensible, soit du cordon moteur de la moelle épinière.

Le hasard a voulu, car le hasard a aussi son influence sur la marche des sciences, qu'un aliéné de l'hospice de Charenton eût perdu depuis plus de sept ans le mouvement de tout le corps, bien qu'il conservât la sensibilité ; il mourut le mois dernier. M. Royer-Collard, médecin de l'établissement, fit examiner avec le plus grand soin la moelle épinière, et on trouva en effet une altération très-prononcée dans toute la partie motrice de la moelle, tandis que la partie où siége la sensibilité était dans une parfaite intégrité.

Ainsi, plus de doute sur ces deux grands phénomènes de notre vie physique. Ils ont l'un et l'autre leurs or-

ganes distincts ; et s'il arrive que le sentiment et le mouvement paraissent presque toujours confondus en un seul acte, cela tient peut-être à la continuité de leurs organes.

Tandis que je me livrais à ces recherches sur la moelle épinière, j'ai eu l'occasion de faire une remarque qui ne me paraît pas dépourvue d'intérêt. On pourrait croire que les propriétés de cette partie sont d'autant plus prononcées que l'on pénètre plus profondément dans le tissu qui la compose, et que son centre est pour ainsi dire le sanctuaire le plus secret de la sensibilité et du mouvement. C'est précisément l'opposé qui a lieu : le centre de la moelle n'est pas sensible, et en le touchant on ne met point en jeu la motilité.

C'est à la surface de l'organe que ses propriétés sont surtout développées sous le double rapport du mouvement et du sentiment. Les personnes qui pensent que le fluide électrique circule habituellement dans notre système nerveux pourront tirer de ce fait un nouvel argument en faveur de leur opinion, car l'électricité se place, comme on sait, à la surface des corps qu'elle parcourt.

Je n'ai pas besoin de faire remarquer que les faits que je viens de rapporter vont avoir une grande influence sur le traitement des diverses paralysies. Comment pourrait-on traiter maintenant, par le même procédé, une paralysie du sentiment, ou une perte du mouvement ? Les organes étant différens, les moyens curatifs ne doivent pas être les mêmes. Je suis heureux de le dire, déjà plusieurs médecins distingués, qui ne veulent pas que la médecine marche toujours incertaine dans le vague des

hypothèses, ont retiré des avantages marqués de cette distinction physiologique dans la cure des paralysies.

Sans doute il serait de la plus haute importance de savoir comment le sentiment et le mouvement, qui ont leur siége dans la moelle épinière, ainsi que nous venons de le dire, se propagent dans la tête, et s'étendent jusqu'au cerveau et au cervelet; ou, en d'autres termes, de savoir comment les impressions reçues par les sens et les déterminations de la volonté se transmettent à la moelle épinière. Ici la difficulté expérimentale devient extrême, et je dois avouer que je n'ai rien encore obtenu de positif sur cette question, qui touche à ce que la vie a de plus secret.

Mais le grand nombre d'essais infructueux que j'ai tentés m'a permis de constater un fait qui me paraît digne de fixer l'attention des physiologistes, et sur lequel, autant que je sache, on n'avait encore aucune notion.

Quand on met sur un animal les hémisphères cérébraux hors d'état d'agir, l'animal court droit devant lui avec une rapidité singulière et comme s'il était poursuivi; on dirait qu'une force irrésistible le presse et le précipite. Si on arrête, au contraire, l'action du cervelet, les mouvemens prennent une direction toute opposée. L'animal recule; et c'est un phénomène remarquable que de voir un oiseau, par exemple, dont le cervelet a été légèrement touché, ne plus faire, pendant des journées entières, aucun mouvement pour marcher, pour nager ou pour voler, si ce n'est en arrière.

Il semblerait donc résulter de ces expériences, qu'un animal, dans l'état ordinaire de santé, est placé entre deux forces qui se font équilibre, et dont l'une le pous-

serait en avant, tandis que l'autre le pousserait en arrière; la volonté aurait le pouvoir de disposer à son gré de ces deux forces.

Une maladie peu connue du cheval était propre à vérifier l'exactitude de ces derniers résultats. Les vétérinaires nomment cette maladie *immobilité;* et, en effet, quand on veut faire reculer l'animal qui en est atteint, quelqu'effort que l'on emploie, et quelque moyen que l'on prenne, il reste immobile : les mouvemens en avant sont au contraire faciles, et semblent même quelquefois avoir lieu sans la participation de la volonté.

Si la conséquence que je viens de déduire est exacte, la maladie doit consister dans une altération physique du cerveau, ou dans un empêchement quelconque de l'action de cette organe.

J'ai fait examiner, le mois dernier, deux chevaux atteints d'*immobilité*, et la conjecture s'est entièrement vérifiée. Chez l'un et l'autre le cerveau était visiblement altéré; le cervelet, au contraire, était intact.

Il paraît donc démontré que les deux forces motrices opposées du cerveau et du cervelet existent chez les animaux, et que, dans certains cas, elles peuvent se soustraire à l'influence de la volonté.

En serait-il de même pour l'homme? Nos mouvemens, qui exécutent avec tant de précision les ordres de la volonté, pourraient-ils cesser d'y obéir, et tomber dans une sorte d'anarchie? enfin, la faculté de vouloir serait-elle distincte de la faculté qui dirige nos mouvemens?..... On ose à peine élever ces doutes; il semble qu'on arrive à ces abstractions ardues, bornes éternelles de la raison humaine; et cependant j'ai vu, et j'ai pu étudier pendant

plusieurs semaines, chez un homme instruit, et très capable de s'observer lui-même, la séparation complète de la volonté et de la force qui dirige nos mouvemens.

A la suite d'un violent chagrin, l'homme dont je parle perdit tout-à-coup, et à sa grande surprise, l'influence de la volonté sur ses mouvemens; malgré lui, il se voyait contraint de prendre les attitudes les plus bizarres, de faire les contorsions les plus extraordinaires. Le langage ne saurait peindre la multiplicité, l'étrangeté de ses mouvemens et de ses poses; dans certains cas, ces mouvemens rentraient dans la classe des mouvemens ordinaires : ainsi, sans que la volonté y prît aucune part, on le voyait se lever et marcher précipitamment jusqu'à ce qu'il rencontrât un corps solide qui s'opposât à son passage; quelquefois il reculait avec la même promptitude et ne s'arrêtait que par la même cause. On l'a vu souvent reprendre l'usage de certains mouvemens, sans pouvoir en aucune manière diriger les autres. C'est ainsi que les bras et les mains obéissaient fréquemment à sa volonté, plus fréquemment encore les muscles de son visage et ceux de la parole. Il lui était quelquefois possible de reculer, dans l'instant où la marche en avant lui était interdite, et il se servait alors de ce mouvement rétrograde pour se diriger vers les objets qu'il voulait atteindre. Cet état a duré quatre mois entiers, et a fini d'une manière on ne peut plus heureuse. Quelques grains d'une substance que la chimie vient de découvrir (le sulfate de kinine) ont suffi pour faire rentrer les mouvemens sous les ordres immédiats de la volonté.

On serait fondé à penser que notre faculté de vouloir est autre chose que la faculté de produire et de coordon-

ner nos mouvemens en actes réguliers : c'est la seule conséquence que je veuille déduire du fait que je viens de rapporter; plusieurs autres se présentent d'elles-mêmes, mais pour les suivre il faudrait devenir métaphysicien, et je dois rester physiologiste.......

Note *sur la Propriété, que possèdent quelques métaux, de faciliter la combinaison des fluides élastiques* (1).

Par MM. Dulong et Thenard.

(Lue à l'Académie des Sciences le 15 septembre 1823.)

M. Dobereiner, professeur à l'université d'Iena, vient de découvrir un des phénomènes les plus curieux que puissent présenter les sciences physiques. Nous ne connaissons le travail qu'il a fait à ce sujet que par l'annonce qui en a paru dans le Journal des Débats, du 24 août dernier, et qui est peu propre à en donner une idée exacte; et par une lettre de M. Kastner à M. le Dr Liebig, que ce savant, actuellement à Paris, a bien voulu nous communiquer. Il y est dit que M. Dobereiner a observé que le platine en éponge détermine, à la température ordinaire, la combinaison de l'hydrogène avec l'oxigène, et que le développement de chaleur résultant de cette action peut rendre le métal incandescent. Nous nous sommes empressés de vérifier un fait aussi surprenant. Nous l'avons trouvé très-exact; et comme l'expérience peut se faire avec la plus grande facilité, nous allons l'exécuter sous les yeux de l'Académie (2).

N'ayant aucune connaissance des recherches que l'auteur de cette belle expérience a sans doute entreprises pour en

---

(1) Depuis l'impression de cette Note, les auteurs ont vu, 1° que le palladium en masse spongieuse pouvait enflammer l'hydrogène, comme le fait le platine; 2° que l'iridium, sous cette forme, s'échauffait très-fortement en produisant de l'eau; 3° que le cobalt et le nickel en masse déterminaient à 300° environ l'union de l'hydrogène et de l'oxigène; 4° que l'éponge de platine formait à froid de l'eau et de l'ammoniaque avec le gaz nitreux et l'hydrogène, et agissait aussi sur un mélange d'hydrogène et de protoxide d'azote.

(2) La lampe à gaz hydrogène perfectionnée par M. Gay-Lussac est très-commode pour faire cette expérience. On enlève l'électrophore, ou l'on détache simplement les conducteurs; on place, à la distance de 2 cen-

découvrir la théorie, nous n'avons pu résister au desir de faire nous-mêmes quelques essais dirigés vers ce but; et quoique nous ne l'ayons point encore atteint, nous pensons que les résultats des observations que nous avons faites jusqu'ici ne sont pas indignes de l'attention de l'Académie.

Dans l'expérience que nous venons de faire, l'éponge de platine devient incandescente lorsqu'on la place à l'endroit où l'hydrogène qui s'échappe du réservoir se trouve intimement mêlé avec l'air. Il était évident, d'après cela, que, en plongeant un morceau de cette éponge dans un mélange de deux parties d'hydrogène et d'une partie d'oxigène, il devait y avoir détonnation : c'est ce que l'expérience a confirmé. Si les proportions du mélange gazeux s'éloignent beaucoup de celles de l'eau, ou s'il se trouve en présence un gaz étranger à la combinaison, tel que l'azote, par exemple, la combinaison se fait lentement, la température s'élève peu, et l'on voit bientôt l'eau se condenser sur la cloche.

L'éponge de platine fortement calcinée perd la propriété de devenir incandescente; mais, dans ce cas, elle produit lentement et sans élévation très-sensible de température la combinaison des deux gaz. Le platine réduit en poudre très-fine, par un procédé chimique bien connu, n'a point d'action, même lente, à la température ordinaire. Même résultat avec des fils ou des lames. Le rapprochement de ces observations pouvait faire naître l'idée que la porosité du métal était une condition essentielle du phénomène; mais les faits suivans détruisent cette conjecture.

Nous avons fait réduire du platine en feuilles aussi minces que le comporte la malléabilité de ce métal. Dans cet état, le platine agit, à la température ordinaire, sur le mélange d'hydrogène et d'oxigène, avec d'autant plus de rapidité que la feuille est plus mince. Nous en avons obtenu qui déterminaient la détonnation après quelques instans. Mais ce qui rend cette action plus extraordinaire encore, c'est la condition physique indispensable pour la développer. Une feuille de platine très-mince, enroulée sur un cylindre de verre ou suspendue

---

timètres environ de l'ouverture par laquelle le gaz s'échappe, un morceau d'éponge de platine très-légère, et, en tournant le robinet, le jet de gaz hydrogène arrive mêlé d'air sur la surface de l'éponge. Celle-ci devient aussitôt incandescente, et le gaz hydrogène, une fois enflammé, continue de brûler à mesure qu'il s'écoule, comme s'il eût été allumé par l'étincelle.

A défaut d'une lampe, on peut se servir de l'appareil ordinaire qui sert dans les laboratoires pour obtenir le gaz hydrogène. Il faut seulement avoir l'attention de faire sortir le gaz par une ouverture très-étroite afin qu'il se mêle plus intimement avec l'air.

librement dans un mélange détonnant, n'a produit aucun effet sensible, au bout de plusieurs jours. La même feuille, chiffonnée comme une bourre de fusil, agit instantanément et fait détonner le mélange.

Les feuilles disposées comme nous venons de le dire, et qui sont alors sans effet à la température ordinaire, les fils, la poudre et les lames épaisses de platine, dont l'action est toujours nulle dans la même circonstance, agissent lentement et sans produire d'explosion à une température de 2 à 300°, suivant leur épaisseur.

Nous avons reconnu que d'autres métaux jouissent de la même propriété que le platine. Le fait très-remarquable que M. Davy a eu occasion de découvrir dans le cours de ses recherches sur la lampe de sûreté, savoir que les fils de platine et de palladium portés au rouge obscur deviennent incandescens lorsqu'on les plonge dans un mélange détonnant, nous ayant paru se rattacher à la même cause que le phénomène dont il s'agit, nous avons été conduits à essayer d'abord le palladium.

Le morceau qui nous a servi avait été donné à l'un de nous par M. Wollaston; il devait être exempt d'alliage : cependant nous n'avons pu en obtenir des feuilles très-minces; il s'est déchiré sous le marteau du batteur. Nous attribuons à cette circonstance la nullité de son action à la température de l'atmosphère; mais il agit au moins aussi-bien que le platine, de la même épaisseur, à une température élevée. Le rhodium, étant cassant, n'a pu être soumis à la même préparation; mais il a déterminé la formation de l'eau à une température de 240° environ.

L'or et l'argent en feuilles minces n'agissent qu'à des températures élevées, mais toujours au-dessous de celle de l'ébullition du mercure. L'argent est moins efficace que l'or. Une lame épaisse de ce dernier agit encore, quoique plus difficilement que les feuilles; et une lame épaisse d'argent n'a plus qu'une action assez faible pour être douteuse.

Nous avons aussi recherché si d'autres combinaisons pourraient être effectuées par le même moyen. L'oxide de carbone et l'oxigène se combinent, et le gaz nitreux est décomposé par l'hydrogène à la température ordinaire, en présence de l'éponge de platine. Les feuilles minces du même métal n'opèrent la combustion du premier qu'à une température au-dessus de 300°. Les feuilles d'or la déterminent aussi à un degré voisin de l'ébullition du mercure.

Enfin, le gaz oléfiant mêlé d'une quantité convenable

d'oxigène est transformée complètement en eau et en acide carbonique par l'éponge de platine, mais seulement à une température de plus de 300°.

Nous rappellerons, au sujet des expériences précédentes, que l'un de nous a prouvé depuis long-temps que le fer, le cuivre, l'or, l'argent et le platine avaient la propriété de décomposer l'ammoniaque à une certaine température, sans absorber aucun des principes de cet alcali, et que cette propriété paraissait inépuisable. Le fer la possède à un plus haut degré que le cuivre, et le cuivre plus que l'argent, l'or et le platine, à égalité de surface.

Dix grammes de fer en fil suffisent pour décomposer, à quelques centièmes près, un courant de gaz ammoniac assez rapide et soutenu pendant huit à dix heures, sans que la température dépasse le terme auquel l'ammoniaque résiste complètement. Une quantité triple de platine en fil, de la même grosseur, ne produit pas à beaucoup près un semblable effet, même à une température plus élevée.

Les résultats remarquables de cette expérience dépendent peut-être des mêmes causes que celles qui font que l'or et l'argent déterminent la combinaison de l'hydrogène et de l'oxigène à 300°, le platine en masse, à 270° et le platine en éponge, à la température ordinaire.

Or, si l'on observe que le fer qui décompose si bien l'ammoniaque n'opère point ou n'opère que difficilement la combinaison de l'hydrogène avec l'oxigène, et que le platine, qui est si efficace pour cette dernière combinaison, ne produit qu'avec peine la décomposition de l'ammoniaque, on est porté à croire que, parmi les gaz, les uns tendraient à s'unir sous l'influence des métaux, tandis que d'autres tendraient à se séparer, et que cette propriété varierait en raison de la nature des uns et des autres. Ceux des métaux qui produiraient le mieux l'un des effets ne produiraient pas l'autre ou ne le produiraient qu'à un moindre degré.

Nous nous abstiendrons d'ailleurs de présenter les conjectures que ces phénomènes singuliers ont fait naître dans notre esprit, jusqu'à ce que nous ayons terminé les expériences que nous avons entreprises pour les vérifier.

JOURS	9 HEURES DU MATIN Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
1	762,40	+20,4	67	762,15	+22,7	62	761,52	+21,6	63	760,93	+16,8	78	+22,8	+ 7,8	Nuageux.	S.
2	760,44	+20,0	81	759,86	+26,0	69	750,08	+26,1	61	758,85	+19,0	85	+26,1	+14,1	Couvert.	S
3	757,23	+25,0	71	756,60	+25,6	76	754,85	+26,6	69	752,95	+20,8	81	+27,0	+14,9	Nuageux.	S. O.
4	753,82	+21,1	71	754,24	+23,8	65	754,07	+24,4	61	754,64	+18,3	78	+24,4	+17,5	Nuageux.	S. O.
5	754,96	+16,9	84	754,93	+20,8	62	754,82	+21,2	62	755,46	+15,5	79	+21,3	+15,2	Couvert.	O.
6	755,10	+17,2	85	754,62	+19,5	80	754,75	+15,5	85	755,67	+12,0	94	+19,5	+12,0	Quelques éclaircies.	S. O.
7	757,55	+17,0	70	757,18	+20,1	62	756,08	+19,8	59	755,14	+15,7	78	+20,1	+ 8,8	Nuageux.	O.
8	753,66	+22,2	69	753,40	+22,4	64	752,78	+23,2	61	754,43	+11,8	99	+23,2	+11,5	Couvert.	S. O.
9	757,95	+17,1	72	758,50	+18,8	68	759,38	+17,8	73	761,50	+13,6	75	+18,8	+ 9,6	Très-nuageux.	O.
10	764,17	+17,4	73	764,33	+20,7	60	763,90	+21,9	64	763,30	+18,2	81	+22,0	+ 9,4	Nuageux.	O. N. O.
11	762,50	+21,5	78	762,05	+25,5	71	760,97	+25,8	70	760,05	+19,2	91	+23,8	+15,2	Très-nuageux.	O. N. O.
12	757,80	+24,5	74	757,50	+27,8	64	754,78	+28,8	61	753,06	+23,8	71	+28,8	+14,0	Léger. nuag. à l'horiz.	E. S. E.
13	753,58	+25,6	73	752,72	+27,1	71	752,09	+30,0	64	750,92	+20,8	91	+30,0	+19,2	Nuageux	N. O.
14	754,03	+18,6	71	755,03	+20,6	69	756,00	+20,6	64	757,05	+14,4	79	+20,6	+14,4	Nuageux.	O. fort.
15	757,43	+19,0	70	756,30	+22,4	63	755,27	+22,5	61	754,06	+18,8	78	+22,5	+10,5	Nuageux.	S. O.
16	750,95	+16,1	94	750,61	+20,6	66	750,10	+21,8	65	751,52	+16,5	77	+21,8	+15,1	Nuageux.	O.
17	756,90	+19,5	69	757,45	+20,5	61	757,60	+21,4	60	757,35	+15,9	79	+21,4	+10,0	Très-nuageux.	O. S. O.
18	757,60	+15,8	98	756,73	+20,2	94	756,03	+22,2	85	757,27	+18,4	89	+22,6	+13,2	Pluie continuelle.	S. E.
19	757,47	+25,0	80	756,22	+27,1	75	754,49	+29,5	67	753,58	+22,5	89	+29,5	+17,5	Nuageux.	S. S. O.
20	756,25	+19,5	76	756,02	+22,8	68	755,68	+22,9	63	755,08	+15,2	81	+22,9	+14,5	Voilé.	N. O
21	756,18	+19,0	71	756,20	+21,7	62	756,73	+18,1	70	758,15	+12,0	91	+21,8	+12,0	Nuageux.	O. S. O.
22	757,76	+16,1	92	756,81	+17,0	82	755,67	+17,0	94	754,62	+16,5	97	+18,6	+11,5	Pluie.	S. fort.
23	754,97	+17,1	99	754,98	+19,2	96	754,89	+23,2	84	755,38	+20,8	94	+23,2	+15,9	Pluie.	S. O.
24	756,77	+23,4	84	756,12	+26,1	79	754,92	+28,8	67	754,27	+23,1	81	+28,8	+13,2	Beau.	S. S. E.
25	753,76	+27,1	71	753,56	+30,5	61	753,20	+30,5	57	754,10	+24,2	70	+30,9	+18,5	Beau.	S. O.
26	755,38	+26,1	79	754,66	+30,0	66	754,13	+30,5	52	756,40	+21,3	79	+31,3	+18,5	Beau.	S. E
27	761,00	+19,6	89	761,10	+22,0	82	760,93	+24,9	74	762,23	+19,0	97	+24,9	+17,0	Nuageux.	N. O.
28	763,55	+18,6	86	762,88	+22,5	78	761,83	+24,1	71	761,15	+19,4	80	+24,1	+17,1	Nuageux.	N.
29	759,42	+23,0	79	758,74	+25,2	68	757,52	+25,8	65	755,95	+19,9	79	+25,8	+13,0	Petits nuages.	N.
30	756,96	+26,2	71	756,23	+25,8	70	755,47	+25,2	75	757,00	+19,5	96	+26,3	+16,5	Couvert.	E.
31	761,38	+19,2	84	762,10	+22,1	75	762,38	+22,0	67	763,55	+16,8	82	+22,3	+16,2	Quelques éclaircies.	N.
1	757,76	+19,4	74	757,60	+22,0	67	757,12	+21,8	66	757,29	+16,2	83	+22,5	+12,1	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	756,45	+20,5	78	756,06	+23,5	70	755,30	+24,6	66	754,99	+18,6	82	+24,6	+14,4	Moyenn. du 11 au 20	Cour, 2,557
3	757,92	+21,4	82	757,58	+23,8	74	757,05	+24,5	71	757,62	+19,3	86	+25,3	+15,4	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 2,290.
	757,39	+20,5	78	757,00	+23,1	70	756,51	[illegible]	68	[illegible]	+18,1	84	+24,2	+14,0	Moyennes du mois, +19°,1.	

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU VINGT-TROISIÈME VOLUME.

. 1.

Fig. 2.

6

7

f

A

dc dB

eC eB

Bf Cf Af

Ae Ad

h

Ad

k

p

o

q

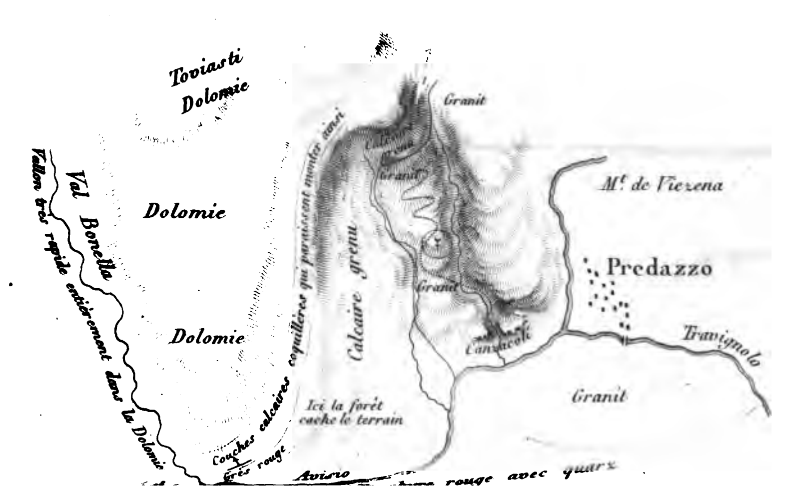
Adam sculp.

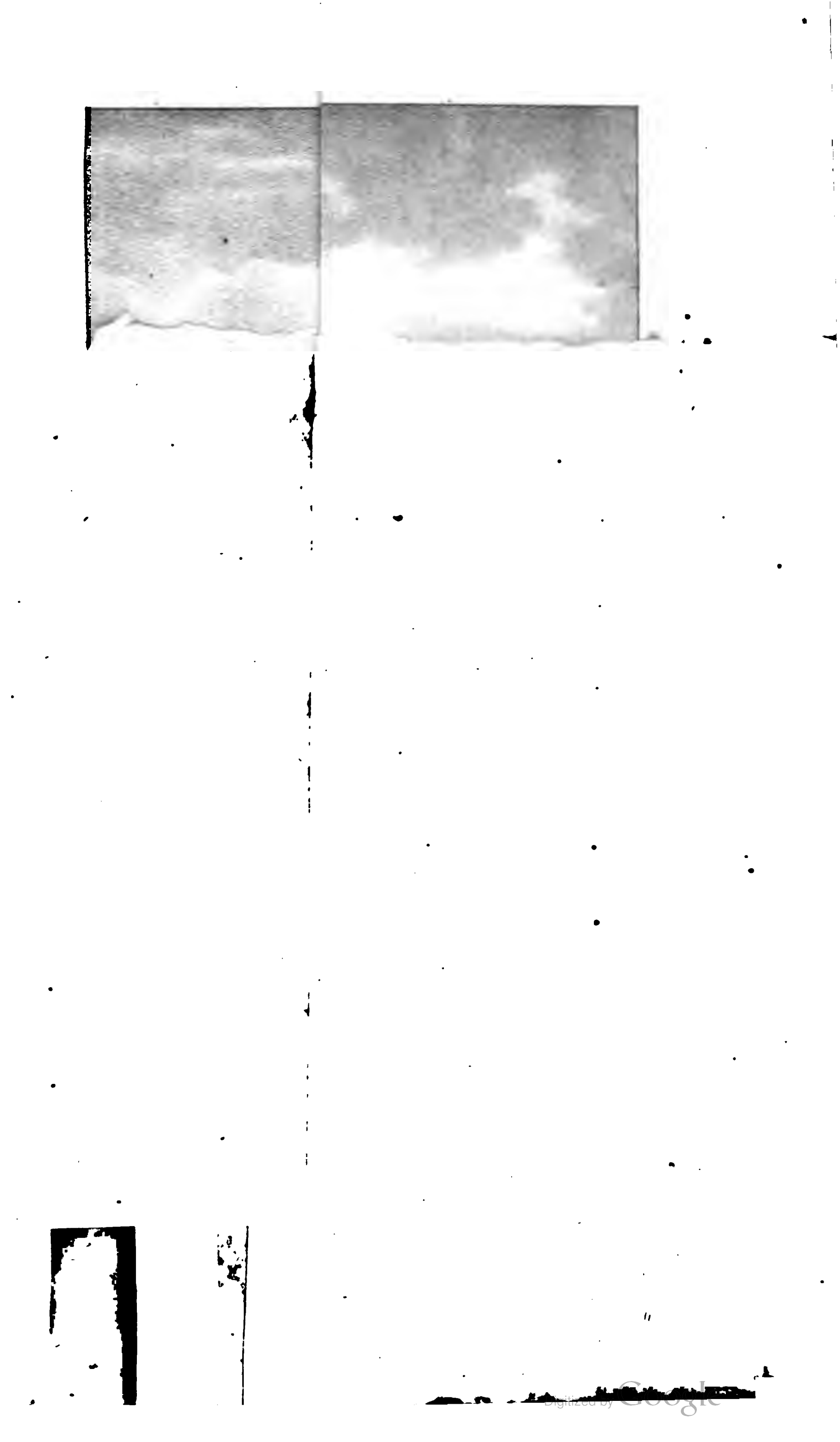
CANZACOLI près de PREDAZZO

Val di Fieme (Tyrol Italien)

Esquissé à Vérone par Mr. Léopold de Buch

Octobre 1822.





3

Gravé à Paris par Pierre Tardieu, 1823.





